



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA TĚLESA ZÁSTRČKY

MANUFACTURING OF BODY LATCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Vybíral

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Ondřej Vybíral**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Podaný, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba tělesa zástrčky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby zaobleného tělesa zástrčky z ocelového plechu. Součástka je prostorového tvaru s otvory a bude vyráběna technologií stříhání a ohýbání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

- zhodnotit technologičnost tělesa zástrčky,
- provést rozbor možných technologií výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti,
- vypracovat aktuální literární studii se zaměřením na zvolenou technologii,
- zpracovat návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty,
- navrhnout a popsat tvářecí nástroj včetně základní výkresové dokumentace,
- provést technicko–ekonomické hodnocení.

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.

HELLWIG, Waldemar a Erwin SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

VYBÍRAL Ondřej: Výroba tělesa zástrčky.

Práce předkládá návrh výroby ohýbaného dílu z ocelového plechu 11 320, tloušťky 2 mm, o objemu výroby 50 000 ks/rok. Na základě literární studie dané problematiky byla zvolena výroba sdruženým postupovým nástrojem pro ohyb a stříh. Nástroj je navržen na dvě střížné a jednu ohybovou operaci. Vzhledem k uzavřenému tvaru ohybu je součást vyjímána kolmo po směru posuvu plechového pásu. Pro výrobu byl zvolen mechanický lis S160 s jmenovitou tvářecí silou 1600 kN. Střížníky a střížnice jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 436. Ohybník a ohybnice jsou vyrobeny z uhlíkové oceli 19 312. Cena jednoho tělesa zástrčky byla stanovena na 12,61 Kč. Bod zvratu byl vypočítán na 34 849 ks.

Klíčová slova: Ocel 11 320, tváření, sdružený postupový nástroj, stříhání, ohýbání.

ABSTRACT

VYBÍRAL Ondřej: Manufacturing of body latch.

The work proposes production of a bend part made of 2 mm thick steel sheet 11 320 with 50 000 parts made per year. Based on the literary study of this problematic the production was chosen to be made with combined processing tool for bending and shearing. The tool is designed to do two shearing and one bending operation. Due to the enclosed shape of the bend the part is ejected from the side perpendicularly to the direction of motion of the sheet belt. The mechanical press S160 with nominal forming force of 1600 kN was chosen for the production. Shearing punches and punching dies are made of tool steel 19 422. Bending punch and dies are made of carbon steel 19 312. Price per unit was set to be 12,61 Kč. Break even point was counted to 34 849 parts.

Keywords: Steel 11 320, forming, combined processing tool, shearing, bending.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VYBÍRAL, Ondřej. *Výroba tělesa zástrčky*. Brno, 2017. 39s, 7 výkresů, 3 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 26.5.2017

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

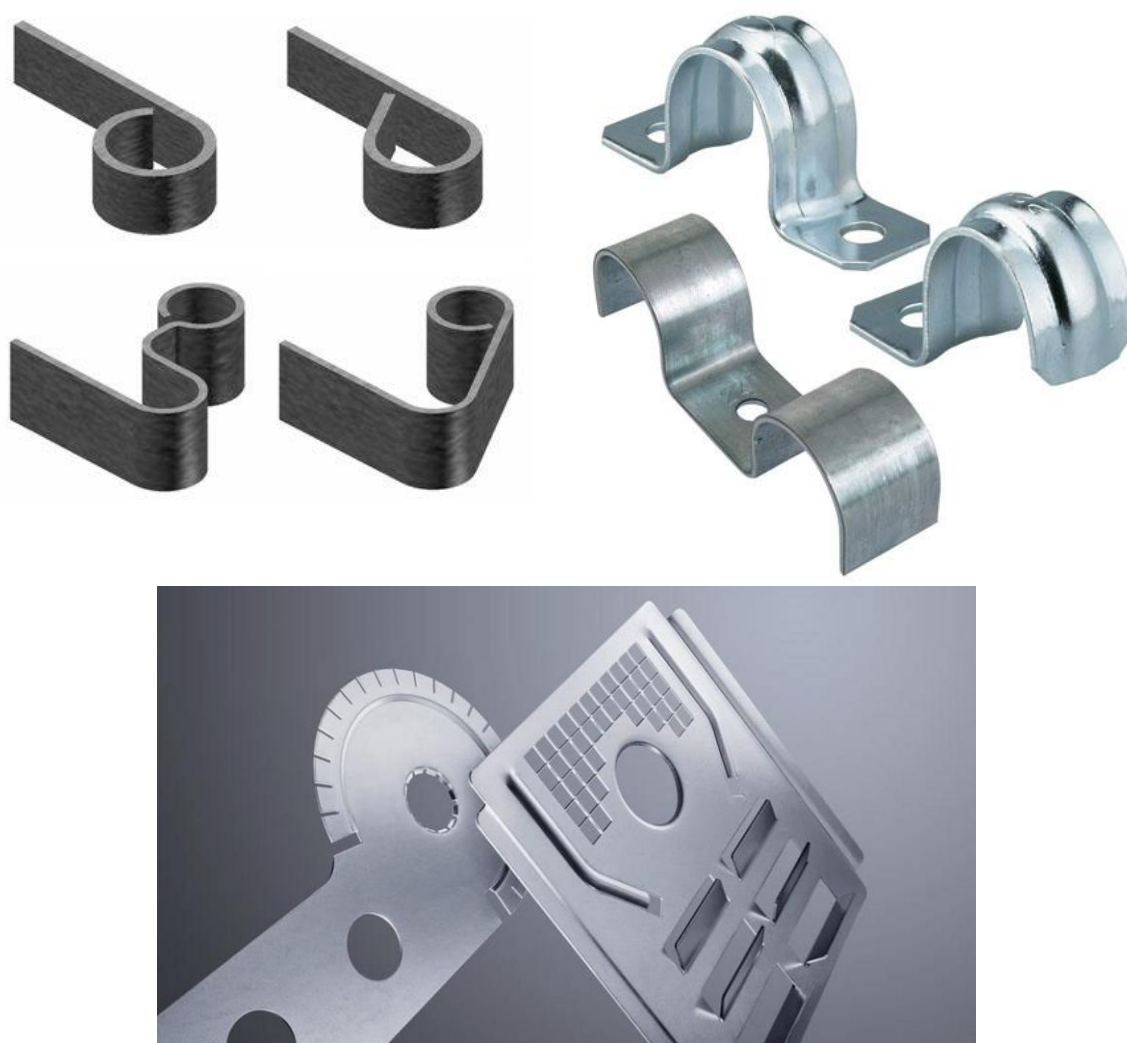
Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D., za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům a manželce za podporu při studiu.

OBSAH

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	
ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ	10
1.1 Výrobní možnosti / variantní řešení	11
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ	13
2.1 Stříhání	13
2.2 Ohýbání	14
2.3 Síla a práce	16
2.4 Nástroje	17
2.5 Stroje	20
2.6 Technologičnost	21
3 NÁVRH ŘEŠENÍ	23
3.1 Rozvinutý tvar a velikost přístřihu	23
3.2 Umístění výstřižku	24
3.3 Varianty postupu	27
3.4 Síla a práce	29
3.5 Návrh nástroje	30
3.6 Volba stroje	36
4 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	37
5 ZÁVĚRY	39
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	
Seznam výkresů	

ÚVOD [7], [3], [4], [14]

Pro výrobu součástí různých tvarů a typů existuje mnoho výrobních technologií. Některé mohou ke vzniku využívat úběr materiálu, např. obrábění, další mohou měnit tvar bez porušení. Takové metody se nazývají tvářecí a výrobky jimi zhotovené jsou velmi běžné, protože jejich největší výhodou je, že při výrobě vzniká méně odpadu než při obrábění, což je zásadní kritérium pro sériovou výrobu. Mezi hlavní nevýhody ovšem patří vysoké vstupní náklady, především na nástroj a materiál. Návratnost investic se může pohybovat v řádech deseti tisíců vyrobených kusů při výrobě na složitějších nástrojích. Příklady dílů vyráběných tvářením jsou na obrázku č.1.



Obr. 1 Díly vyráběné tvářením [3], [20], [35]

1 ROZBOR ZADÁNÍ [10], [22], [36]

Řešenou součástkou je těleso zástrčky, viz obr. č.2, které slouží jako část uzavíracího mechanismu (obr. 3). Zástrčka může sloužit k zajištění dveří, okenic, rámu atd.

Těleso je vyrobeno z plechu o tloušťce 2 mm, jeho největší rozměry jsou 70 x 68 x 28 mm. Tvar určuje U ohyb, kde jeho vnitřní poloměr je funkčním rozměrem s tolerancí $R7^{+0,1}_0$, což zajistí dostatečnou vůli pro posouvání jezdce. Vystřižené rozměry jsou v běžné toleranci dle ČSN ISO 2768 – m,H. Sériovost výroby byla určena na 50 000 ks/rok.

Součást bude vystavena běžným vlivům venkovního prostředí, proto s ohledem na požadované mechanické vlastnosti bude pro výrobu nejvhodnější použít ocel. Korozivzdorný materiál by zvýšil cenu výrobku, proto se jeví jako výhodné použít levnou ocel třídy 11, ovšem s dostatečnou povrchovou úpravou pro ochranu proti korozi. Ochrana nátěrem ovšem není optimální vzhledem k nízké odolnosti proti otěru. Nejvhodnější tedy bude zinkování s následnou pasivací žlutým chromátem. Tato metoda se vyznačuje tzv. „samohojivým efektem“, kdy se drobné poškození chromátové vrstvy částečně samo regeneruje. Odolnost proti korozi je při použití této úpravy značná.

Podmínkou pro výběr materiálu je vhodnost ke tvářecím operacím a galvanickým úpravám, což splňují oceli 11 320 a 11 321. Hlavní kritérium při volbě bude především cena. Plech 11 320, válcovaný za tepla je běžně dostupný a byl nabídnut v ceně 25 Kč za kilogram. Tabule plechu jakosti 11 321, válcovaného za studena, byla nabídnuta v ceně 27 Kč/kg. Pro výrobu tělesa zástrčky bude použito plechu 11 320, který mnohem více vyhovuje z hlediska mechanických vlastností, možnosti pokovení a příznivé ceny. Jeho základní chemické složení a mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce č. 1 a 2.



Obr. 2 Těleso zástrčky



Obr. 3 Mechanismus zástrčky

Tab. 1 Chemické složení oceli 11 320 [10]

Prvek	Uhlík	Mangan	Fosfor	Síra
Obsah	max. 0,12 %	max. 0,6 %	max. 0,045 %	0,045 %

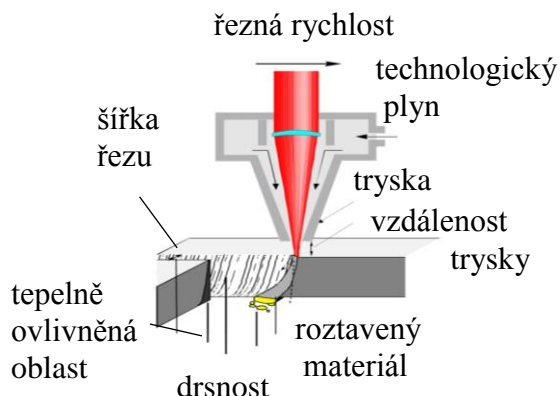
Tab. 2 Mechanické vlastnosti materiálu 11 320 [10]

Tažnost materiálu A	Mez pevnosti v tahu R_m	Mez kluzu R_e
24 %	440 MPa	170 – 340 MPa

1.1 Výrobní možnosti / variantní řešení [1], [4], [14], [28], [30], [32]

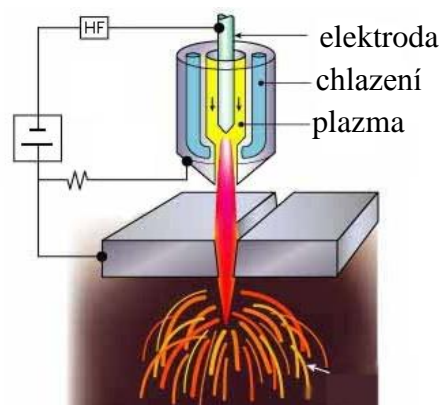
Těleso zástrčky je možné zhotovit mnoha způsoby. Hlavní kritérium je především rychlost výroby a cena. Tvar výrobku nabízí rozdělení do dvou fází, v první se jedná o způsob dělení materiálu, které je možno uskutečnit např. těmito metodami:

- Laser – jedná se o způsob řezání, který pracuje ve vysoké přesnosti a s úsporou materiálu. Do prostředí laseru je dodávána energie, která vybudí elektrony do vyšší energetické hladiny a dojde k vyzařování energie ve formě fotonů, které se odrazí a opětovně prochází prostředím dochází k zesílení jejich toku. Výsledný svazek vychází přes polopropustné zrcadlo. Paprsek v místě řezu natavuje materiál, který je odpařován nebo odfukován (obr. 4). Tímto způsobem nedochází k tavení materiálu, povrch řezu je hladký a bez otřepů. Použití laseru je nevhodné kvůli vysoké pořizovací ceně, vzniku tepelně ovlivněné oblasti v místě řezu a nevhodnosti pro sériovou výrobu.



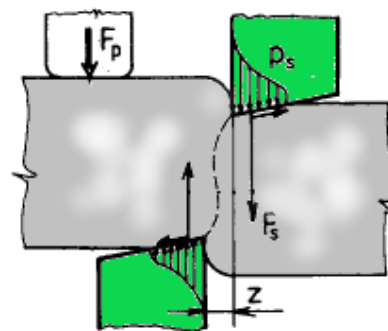
Obr.4 Princip laserového řezání [32]

- Plazma – je ionizovaný stav plynu, složený z iontů, elektronů a neutrálních atomů. Tento způsob řezání využívá vysoké teploty a rychlosti výstupního svazku plazmatu (obr. 5). Natavený kov je poté vyfouknut z místa řezu díky tlaku plynu. Princip spočívá ve vytvoření elektrického oblouku mezi materiálem a tryskou hořáku, do které je následně vháněn horký ionizovaný plyn, který vylétává ven. Při úniku z trysky může plazma dosahovat teploty až 30 000 °C a nadzvukové rychlosti. Plazmová technologie výrazně snižuje náklady na dělení kovů. Povrch řezu je určen charakteristikou plazmy a zpravidla není moc kvalitní. Pro výrobu tělesa zástrčky je nevyhovující vzhledem ke vzniku tepelně ovlivněné oblasti a podmínce tloušťky plechu minimálně 3 mm.



Obr.5 Řezání plazmovou tryskou [1]

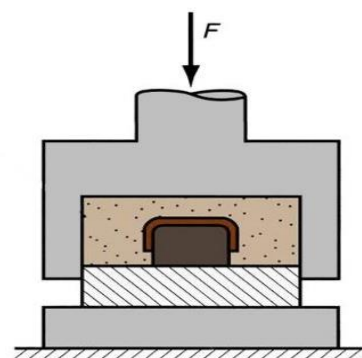
- Stříhání – postupné anebo současné oddělování částí materiálu stříhacími nástroji (břity) podél plochy, obvykle kolmé k povrchu materiálu. Ve stříhadle je výrobek zhotoven na jeden zdvih stroje. U složitějších součástí může docházet k deformaci na stříhaném materiálu např. prohnutí a je také potřeba vynaložit větší střížné síly. Schéma střížného procesu je zobrazeno na obr. č. 6. Výroba touto metodou je výhodná pro velké série, její přesnost i jakost je dostatečná.



Obr.6 Stříhání [14]

Druhý krok výroby součásti je tvarování profilu. Lze uvažovat metody:

- ✚ Guerin – jedná se o nekonvenční technologii, jenž ke tváření používá elastomer. Ten je umístěn v kontejneru zpravidla zhotoveném jako svařenec nebo odlitek. Ohýbaný plech je přes nástroj vtlačován do elastomeru vrstveného podle tvrdosti, a tím tvarován. Na obr. č. 7 je znázorněno dokončení ohybu. Metoda není vhodná k sériové výrobě, je potřeba velkých tvářecích sil.
- ✚ Ohraňování – při této metodě leží plechový díl na matrici, která je opatřena V-drážkou do které klínový nástroj tlačí plech a tím vzniká ohyb, (obr. 8). Plech tedy leží celou dobu procesu pouze na dvou hranách matrice a úhel ohybu je dán tím, jak hluboko se nástroj ponoří. Metoda je vhodná spíše pro V-ohyby a na dlouhé součásti. Pro výrobu tělesa zástrčky je ohraňování nevhodné, jelikož se každý ohyb provádí zvlášť a tím se prodlužují výrobní časy.
- ✚ Ohýbání v nástroji – metoda se používá k ohybu větších součástí nebo vícekusové série (obr.9). Ohýbadlo se skládá z ohybníku který se pohybuje ve směru lisu, a pevně umístěné ohybnice. Plech je tedy tvarován tak, že se zatlačuje do pevné části nástroje. Při použití je možné ohýbat pouze jednu součást na zdvih lisu a tím se výroba prodlužuje a stává nákladnější.



Obr. 7 Guerin [30]



Obr. 8 Ohraňování [7]



Obr. č. 9 Ohýbadlo pro V ohyb [18]

Z možných variant řešení výroby součásti bylo vybráno jako nejvhodnější stříhání a ohýbání v nástroji. Pro sériovou výrobu bude výhodné užití nástroje, který kombinuje stříhání a ohyb, proto byla pro výrobu tělesa zástrčky zvolena metoda sdruženého postupového nástroje, jenž kombinuje dvě a více výrobních operací. Odpadne tedy nutnost výroby a provozu dvou nástrojů a celý proces výroby lze uskutečnit na jednom stroji. Na zvolené technologii bude zaměřena teoretická i praktická část práce.

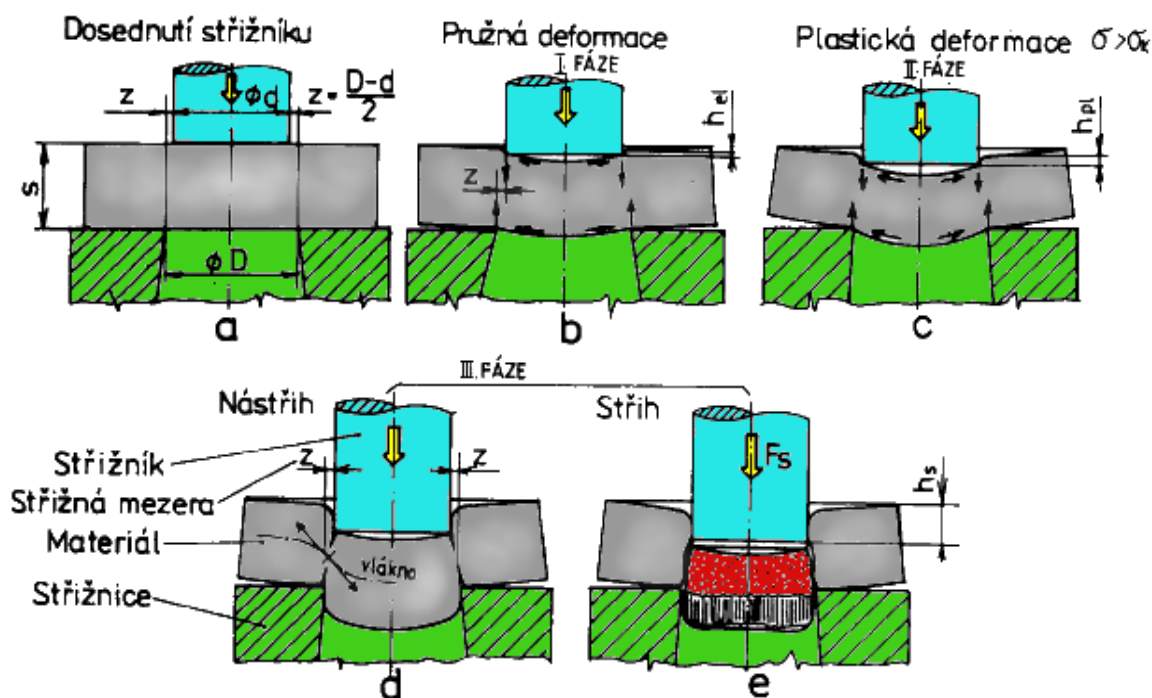
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ [2], [4], [7], [11], [12], [14], [34]

Zvolená technologie se dělí do dvou fází výroby. Ve střížném procesu dochází k porušení materiálu a tím k jeho dělení. V ohýbacím procesu je následně výrobek vytvarován do požadovaného tvaru. Sdružený postupový nástroj provádí veškeré operace na jeden zdvih stroje, čímž je ušetřen čas pro zhotovení. Mezi přednosti patří velká výrobnost a opakovatelná přesnost.

2.1 Stříhání

Stříhání je tvářecí proces za studena, při kterém dochází k překročení meze kluzu. V průběhu operace dochází k postupnému nebo současnému oddělování materiálu podél křivky stříhu, která je tvořena obvodem vystřihované součásti.

Stříhání v lisovadlech probíhá ve třech fázích znázorněných na obr. 10. Začíná se dosednutím střížníku na stříhaný plech. Při první fázi dochází k pružné deformaci, napětí v kovu je menší než mez pružnosti σ_E a střížník vniká do hloubky 5 až 8 % tloušťky materiálu, který je ohýbán v důsledku vzniku silových dvojic v rovinách kolmých ke střížným plochám. Na straně střížníku se stlačuje a na straně střížnice vytlačuje. K překročení meze kluzu σ_K dochází při druhé fázi. Hloubka vniku střížníku závisí na jeho mechanických vlastnostech, obvykle bývá 10 až 25 % tloušťky plechu. Ve třetí fázi je překročena mez pevnosti ve stříhu σ_{PS} , u hran střížníku a střížnice vzniknou trhlinky, tzv. nástřih, který se rychle prodlužuje, dokud nedojde k úplnému oddělení výstřížku.



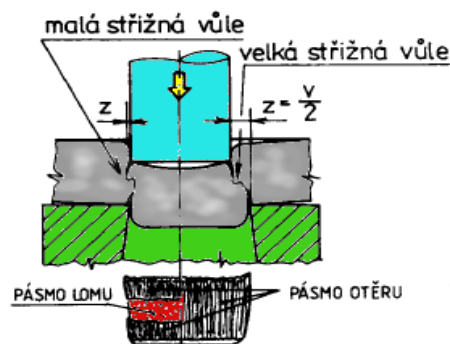
Obr. 10 Průběh stříhání [14]

Velikost vůle závisí na tloušťce stříhaného materiálu. Při malé a velké vůli se trhliny iniciované břitzy míjejí a způsobují nerovný povrch v ploše stříhu. To může vést ke zhoršení výsledné plochy, znázorněné na obr. 11. Při normální vůli se nástřihy obou břitů setkávají a vytvoří plochu bez ořepu, viz obr. 12.

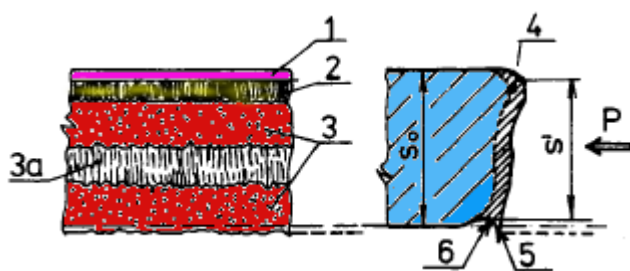
Střížná vůle pro běžné uzavřené stříhání plechů s tloušťkou $S \leq 3 \text{ mm}$ se spočítá podle vzorce:

$$v = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}}, \quad (2.1)$$

kde: s – tloušťka stříhaného materiálu [mm]
 c – součinitel závislý na druhu materiálu [-]
 τ_{ps} – pevnost materiálu ve stříhu [MPa]



Obr. 11 Schéma stříhání při malé a velké střížné vůli [14]



Obr. 12 Vzhled střížné plochy při normální vůli [14]

- 1- zeslabení
- 2- plastické přetvoření
- 3- lomu
- 3a – pásmo otěru
- 4- oblast zpevnění
- 5- otřep
- 6- vtisk dolního břitu

2.2 Ohýbání

Ohýbání je proces, ve kterém se materiál trvale deformuje do různých úhlů a poloměrů. Ohnutí tělesa vznikne po překročení meze kluzu a vstoupením do oblasti plastické deformace.

Vnitřní strana ohybu je v podélném směru stlačována, zatímco vnější strany kovu se podélně roztahují. Každý ohyb má ve střední části průřezu místo, kde jsou malá tahová napětí a dosahují hodnot menších než mez kluzu daného materiálu. V místě přechodu mezi oblastmi jsou vlákna bez deformace. Jejich spojnice tvoří tzv. neutrální osu, ve které není napětí, při ohýbání se neprodlužuje ani nezkracuje. Při ohybu se pouze posouvá směrem k vnitřní straně viz obr. 13. Poloměr neutrální vrstvy pro ohyb pásů širokých $b > 3 \cdot s$ se vypočítá podle vzorce:

$$\rho = R_0 + x \cdot s, \quad (2.2)$$

kde: ρ – poloměr neutrální vrstvy

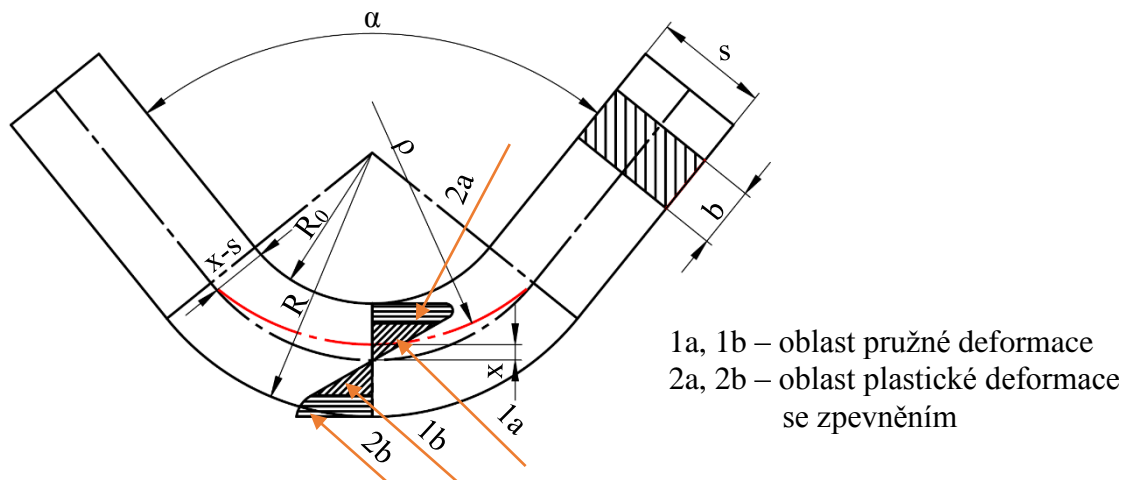
R_0 – poloměr ohybu

x – součinitel posunutí neutrální vrstvy

je závislé na poloměru ohybu a tloušťce stříhaného materiálu. Určí je podle tabulky č.3.

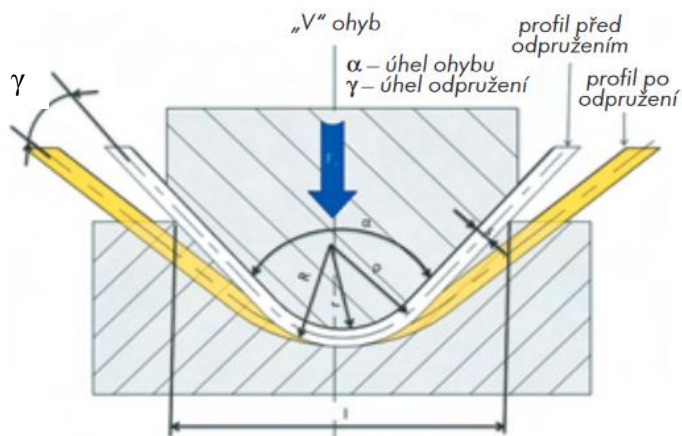
Tab. 3 Závislost součinitele x na poměrném rádiusu ohybu R_0/s [12]

R_0/s	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00
x	0,38	0,42	0,445	0,47	0,475	0,478	0,48	0,483

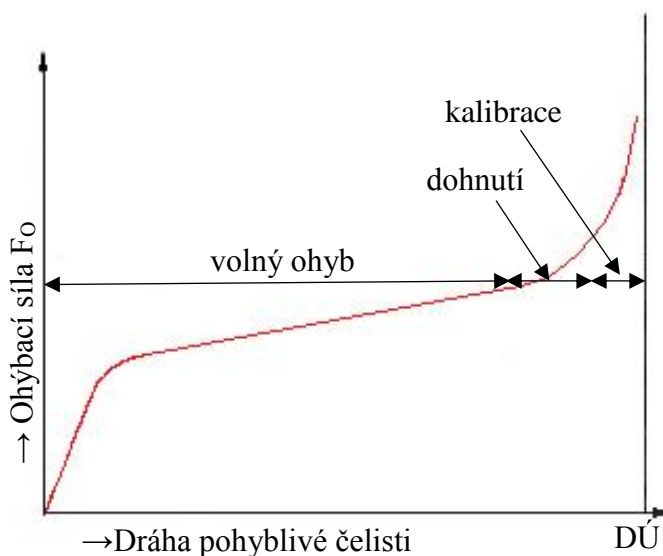


Obr.13 Schéma ohýbání [12]

Po přerušení sil působících na deformované těleso má materiál snahu se částečně vrátit k původním rozměrům. Tento jev se nazývá odpružení a při ohybu ho nelze zanedbat jako u většiny technologií, jeho význam je značný a projevuje se jako odchylka úhlu γ vyobrazená na obrázku č. 14. Její význam roste s délkou ramen a je způsobena vlivem pružné deformace kolem neutrální osy. Velikost úhlu závisí na tvárnosti materiálu, způsobu ohýbání a poloměru ohybu. Odpružení jde omezit tím, že je materiál ohnut více než je třeba, o hodnotu úhlu γ . Při tomto způsobu se ovšem musí přizpůsobit i nástroj a navrhuje se s korekcí o daný úhel. Další možností je použití následné kalibrace, tj. že na konci lisovacího cyklu bude zvětšena síla, čímž dojde k místní plastické deformaci v místě ohybu a hodnota odpružení se snižuje, případně vymizí úplně. Průběh ohýbací síly včetně následné kalibrace je zobrazen na obr. 15.



Obr.14 Odpružení [2]



Obr.15 Průběh ohýbací síly [18]

2.3 Síla a práce [11], [14]

U sdruženého nástroje se musí vzít v úvahu síla potřebná ke stříhání i ohýbání. Do celkové síly musí být připočteny i k síly pro odstřížení můstek a okrajů.

$$F_c = F_s + F_{st} + F_{pr} + F_o \quad (2.2)$$

Správná velikost střížné síly umožní zhotovit výstřížek o požadované toleranci a jakosti. Pokud je nástroj uzpůsoben tak, aby mohl odpad volně propadávat skrz, určí se celková síla potřebná k vystřížení pomocí vztahu:

$$F_{cs} = F_s + F_{st} + F_{pr} \quad (2.3)$$

kde: F_s – střížná síla

$$F_s = k \cdot s \cdot l \cdot \tau_{ps} \quad (2.4)$$

kde: k – součinitel otupení břitu

l – délka střížné křivky

τ_{ps} – pevnost materiálu ve stříhu

F_{st} – stírací síla

$$F_{st} = c_1 \cdot F_s \quad (2.5)$$

kde: c_1 – součinitel stírání, tab. 4

F_{pr} – protlačovací síla

$$F_{pr} = c_2 \cdot F_s \quad (2.6)$$

kde: c_2 – součinitel protlačení, tab. 4.

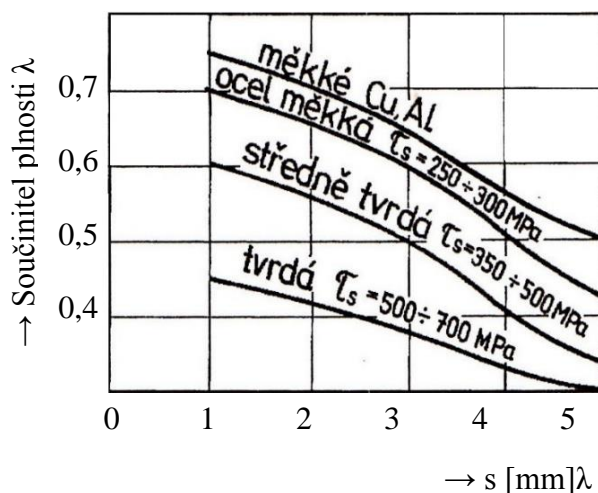
Tab.4 Hodnoty součinitelů c_1 a c_2 [11]

Druh a tloušťka materiálu		c_1	c_2
ocel	do 1 mm	0,02 – 0,012	0,05
	1 – 5 mm	0,06 – 0,16	až
	nad 5 mm	0,06 – 0,07	0,08
Mosaz		0,04	0,04
Slitiny Al		0,02 – 0,04	0,02 – 0,04

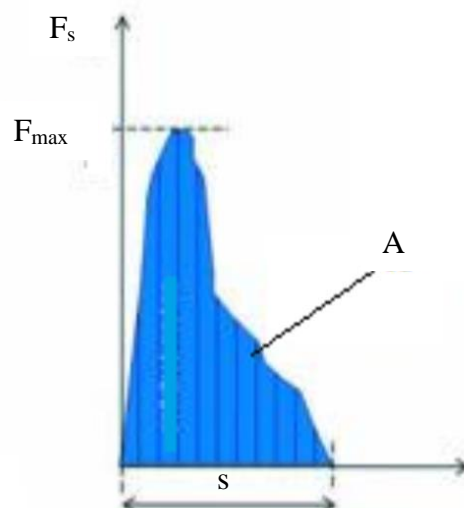
Střížná práce pro stříh s rovnoběžnými střížnými hranami je dána plochou pod křivkou střížné síly (obr.16) podle vzorce:

$$A = \lambda \cdot F_s \cdot s \quad (2.7)$$

kde: λ – součinitel plnosti (obr. 17)



Obr.17 Součinitel plnosti [14]



Obr.16 Střížná práce [34]

Zjištění síly a práce pro ohyb je neméně důležitou součástí při výpočtu celkové síly pro zhotovení výrobku. Vzorce pro výpočet jsou určeny normou ČSN 22 7340.

Výpočet síly pro U ohyb:

$$F_{OU} = \frac{0,4 \cdot R_m \cdot B \cdot s^2}{l_p} \quad (2.8)$$

kde: B – šířka ohýbaného polotovaru

l_p – vzdálenost podpěr

Výpočet práce pro U ohyb:

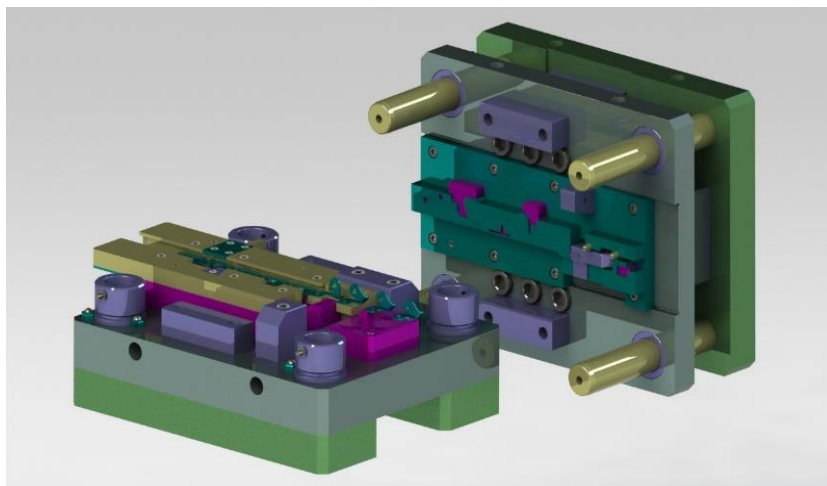
$$A_{OU} = \frac{F_{OU} \cdot m_1 \cdot h}{1000} \quad (2.9)$$

kde: m_1 – opravný koeficient zohledňující průběh síly (2/3)

h – zdvih beranu

2.4 Nástroje [1], [2], [9],[11],[21]

Sdružený postupový nástroj (obr.18) kombinuje prvky stříhadla a ohýbadla. Nepohyblivé části jsou umístěny na základovou desku, která je připevněna na stroji. Pohyblivé části jsou upnuty na kotevní desce spojené s upínací deskou. Tento celek je pomocí stopky držen v beranu stroje, který vždy provede veškeré operace najednou. Předností této metody je vhodnost použití v sériové výrobě a dosažitelná opakující se přesnost. Hlavními částmi nástroje jsou:



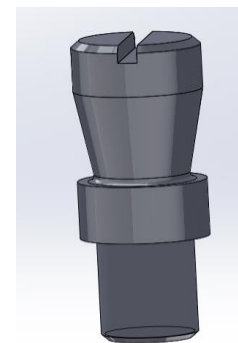
Obr.18 Sdružený postupový nástroj [19]

- Základová deska – slouží k upevnění nástroje na stůl lisu. Kvůli připevnění musí být rozměrově větší oproti střížné desce, minimálně o 25 mm na každé straně. Její tloušťka je 25 – 60 mm, v závislosti na velikosti nástroje. Nejčastěji je vyrobena z oceli 10 370, 11 523, 11 500 nebo pro větší nástroje bývá použita litina s lupínkovým grafitem ČSN 42 2425.
- Upínací deska – zajišťuje spojení a připevnění nástroje na beranu lisu a zároveň slouží k podepření jednotlivých střížníků, spojení s kotevní deskou a upevnění vedení. U mechanických lisů musí být opatřena stopkou. Vyrobeny jsou nejčastěji z oceli 10 373, 11 500, 11 523 o tloušťce 23 až 50 mm.
- Vodící deska – vede střížník a stírá materiál při zpětném zdvihu nástroje. Je vyráběná z oceli 11 500 o tloušťce 18 až 32 mm. Otvary pro střížníky bývají v toleranci pro uložení H7/h6.

- Stopka – slouží pro upnutí nástroje na beran. Velikost je volena s ohledem na lis a nejčastěji je užíváno kuželového tvaru, viz obr. 19. Materiálem stopky je konstrukční ocel 11 600 Umisťuje se do těžiště působících tvářecích sil, protože nesprávné umístění vede ke vzniku bočních sil, které způsobují ohybový moment vedoucí k poškození nástroje a zároveň také roste spotřeba hnací síly.

Těžiště je vypočítáno podle vzorce:

$$x_T = \frac{\sum_i^n F_i \cdot x_{ti}}{F_c + F_o} \quad (2.10)$$



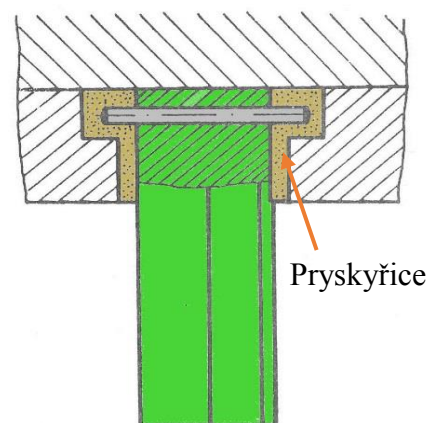
Obr.19 Stopka [9]

kde: x_{ti} – vzdálenost těžiště síly od pomocné osy

- Vodící lišty – slouží k vedení pásu plechu nebo svitku v pracovním prostoru tvářecího nástroje. Vzdálenost mezi lištami je maximální šíře polotovaru. Jejich dalším účelem je vytvoření uzavřeného bezpečného prostoru mezi střížnicí a vodící deskou. Výška je obvykle 5 až 8 mm. Na zaváděcí straně bývají prodloužené o cca 80 mm před nástroj a jsou podloženy podpěrným plechem pro snadnější a přesnější zavedení.
- Vodící sloupky a pouzdra– zabezpečují přesný chod nástroje při zdvihu. Bývají zalisovány do základové a upínací desky. Používají se kluzná, z materiálů s vhodnými kluznými vlastnostmi, nebo valivá.
- Vyhadzovače – pokud lze předpokládat, že součást zůstane v ohybnici, použijí se. Jejich ovládání je zajištěno pružinou nebo pomocí táhla.
- Střížník – konstrukce a tvar je dán především tvarem a rozměrem vyráběné součásti. Příklady střížníků jsou vyobrazeny na obrázku 20. Délka je určena součtem výšek jednotlivých částí nástroje, ve kterých je střížník uložený. S ohledem na trvanlivost je doporučována výška 60 – 80 mm. Střížníky jsou vyrobeny z ušlechtilé nástrojové oceli 19 422 a zvláště namáhané mohou být vyrobeny z oceli 19 436. Dále jsou tepelně zpracovány, kaleny a popouštěny na tvrdost 62 ± 1 HRC. Upevňování je možné mnoha variantami. Kruhové lze upevnit pomocí výstupků a upravených nákrůžků, střížníky pro malé plochy se zajišťují pomocí kolíčků nebo kalených per. Tvarově složité střížníky je obtížné zajistit těmito způsoby a proto se používá zalévání lehkotavitelnými slitinami nebo epoxidovými pryskyřicemi. V těchto případech je ve střížnicích drážka nebo kolík a na upínací desce je vytvořen jednoduchý otvor. Toto uchycení je znázorněno na obr. 21.



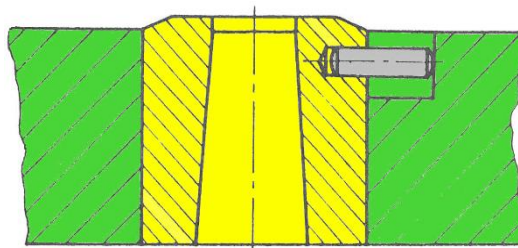
Obr. 20 Střížníky[13]



Obr.21 Upevnění střížníku [21]

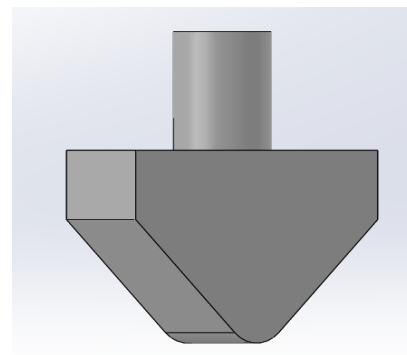
- Střižnice – jedná se o spodní nepohyblivou část. Bývá zakalena a při opotřebovávání se zaobluje, čímž se snižuje kvalita střižné plochy a vznikají otřepty. Z konstrukčního hlediska se dělí na:

- celistvé – vyrobeny z jednoho kusu materiálu. Vhodné pro stříhání jednoduchých tvarů.
- skládané – vyrobené z více částí. Používají se pro stříhání tvarově složitých a rozměrově náročných výstřižků. Segmenty jsou uchyceny do nekalené desky zalisováním, šrouby nebo kolíky. Výhodou je snadnější a levnější výroba.
- vložkované – oproti skládaným používají vložku, která je kalená nebo ze slinutých karbidů. Je zalisovaná nebo upnutá pomocí šroubů, kolíků a per. Výhodou je, že lze vyměnit jen tuto část, což šetří materiál i náklady. Vložka střižnice zajištěná kolíkem je znázorněna na obr. č.22.



Obr.22 Vložkovaná střižnice [21]

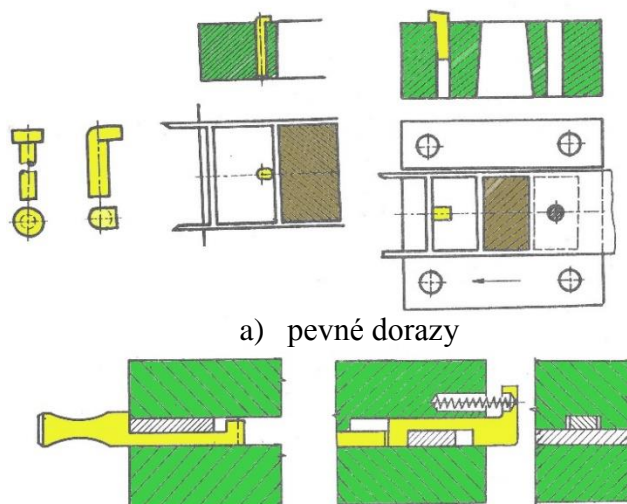
- Ohybník – horní pohyblivá část nástroje, která musí být zajištěna proti pootočení. Nesmí být užší než ohýbaný materiál, šířka musí být minimálně stejná. Vyrábí se z nástrojové oceli 19 312 nebo vysoce legované 19 436. Upínání za pomoci šroubů nebo drážek. Ohybník je znázorněn na obrázku č. 23.
- Ohybnice – spodní nepohyblivá část nástroje, může být osazena vyhazovačem nebo přidržovačem, může být jak celistvá tak i skládaná. Nejčastěji se konstruuje z uhlíkových ocelí 11 500 nebo 11 600, může být použita i nástrojová ocel 19 312 nebo 19 436, z které se nejčastěji dělají vložky.



Obr.23 Ohybník [18]

- Dorazy – slouží k určení a zajištění správné polohy pásu plechu. Dle normy ČSN 22 6060 se dělí na:

- pevné dorazy (obr. 24a)
- zpětné dorazy
- koncové dorazy
- načínací dorazy (obr.24b)
- rozstříhovací dorazy
- samočinné dorazy

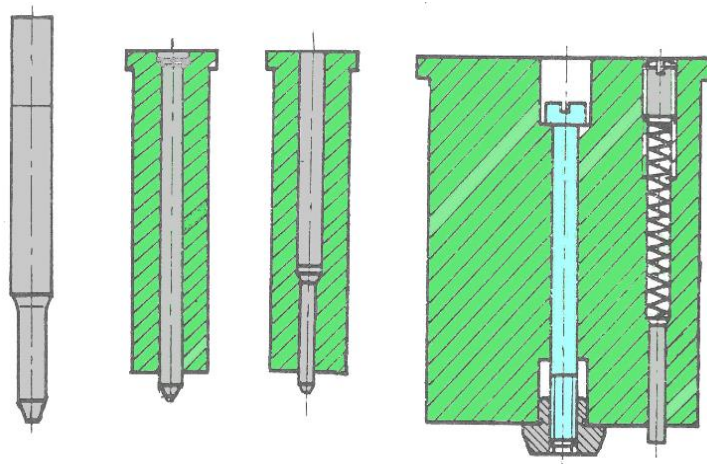


a) pevné dorazy

b) načínací dorazy

Obr. 24 Dorazy [21]

- Hledáčky – při pohybu stříhadla se zasunuje do předem připraveného otvoru a tím stříhaný plech ustaví do požadované polohy vzhledem ke střížným prvkům. Existují přímé a nepřímé varianty středění. U přímého hledáček zapadá do připraveného funkčního otvoru. Toto použití je možné pouze tam, kde nehrozí poškození. Nepřímé středění se používá u výstřižků, které mají příliš malé otvory nebo hrozí jejich poškození. Hledáček v tomto případě zapadá do díry vytvořené v odpadové části plechu. Díky tomu lze použít hledáčky větších rozměrů. Příklady provedení jsou na obr. 25.

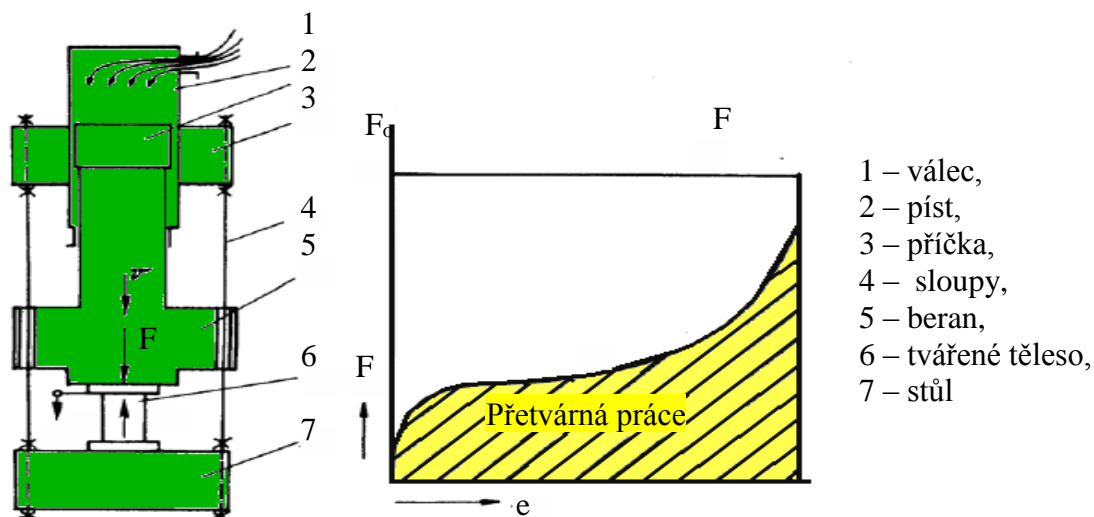


Obr. 25 Provedení hledáček [21]

2.5 Stroje [15], [17], [26]

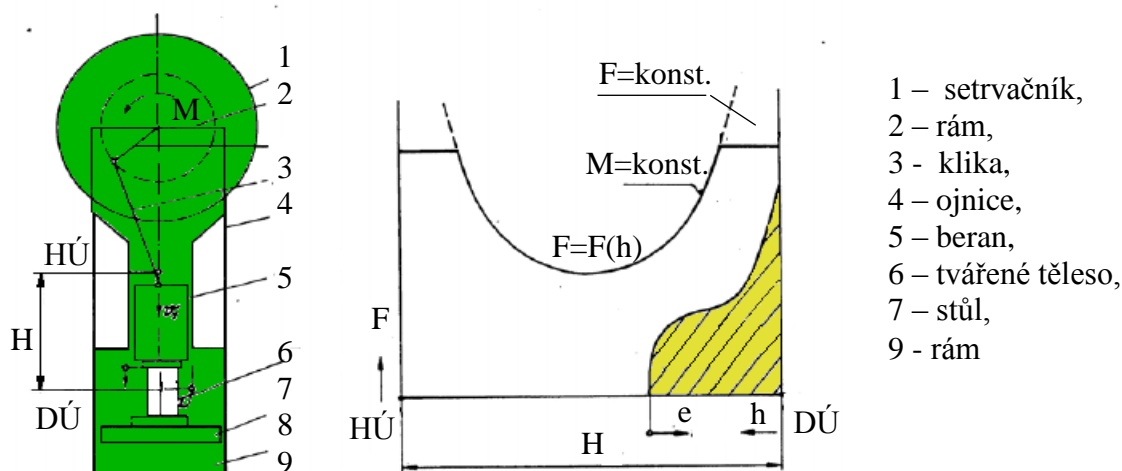
Tvářecí stroje jsou ve srovnání s obráběcími tužší konstrukce, mají horší přenastavitelnost a univerzálnost. Vzhledem k jejich nákladnosti jsou vhodné zejména do hromadné výroby. Při volbě lisu je nutné zohlednit potřebnou sílu, práci, zdvih a velikost pracovní plochy. Rozhodujícím faktorem je také pohon a mechanismus lisu, podle kterých se dělí na dvě skupiny:

- Hydraulické lisy – pracují na základě rovnoměrného šíření tlaku kapaliny všemi směry. Díky hydraulickému pohonu je možno nastavit velikost sil. Mezi výhody lze zařadit malou tvářecí rychlost a její regulaci, s kterou nedochází k intenzivnímu zpevnění, lis nelze přetížit. Dále možnost průběžně měnit tvářecí sílu a klidný chod bez hluku a otřesů. Nevýhodou hydraulického lisu je nižší produktivita. Nemají spodní úvrať a proto je nutné regulovat výšku zarážkou. Schéma lisu je na obr. č.26, včetně grafu s průběhem síly.



Obr. 26 Schéma hydraulického lisu a průběh síly [29]

- Mechanické lisy – jsou nejpoužívanější tvářecí stroje pro různé operace. Před jejich volbou je nutno detailně znát tvářecí sílu, aby se předešlo přetížení a tím k poškození stroje. Mezi výhody patří velká výrobnost a jednoduchost stroje. Hlavní nevýhodou je, že maximální tvářecí sílu lze odebrat až těsně před spodní úvratí lisu, a tudíž je velmi obtížné tvářet velkou silou na delší dráze, kterou je potřeba je znát před volbou. Aby se předešlo poškození strojů, používají se různé pojistky proti přetížení. Schéma lisu a průběh jeho síly je znázorněn na obrázku č. 27.



Obr. 27 Schéma mechanického lisu a průběh síly [29]

2.6 Technologičnost [4],[5],[11],[14]

Technologičnost značně závisí na tvárnosti materiálu, která je plně využívána a také na dodržení zvyklostí technologického procesu a výrobního podniku. Samotný proces má i několik nedokonalostí:

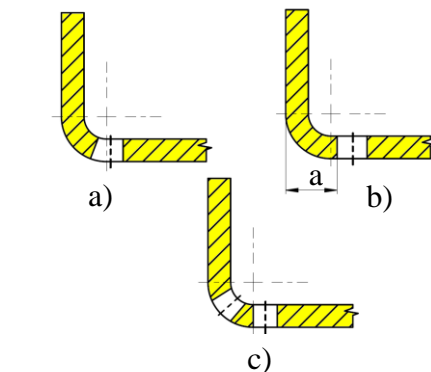
- ✚ nepřesnost úhlu ohybu
- ✚ deformace průřezu v oblasti ohybu
- ✚ deformace ramen poblíž oblasti ohybu
- ✚ nepřesné umístění místa ohybu
- ✚ nestejný tvar ohybu při jeho délce
- ✚ porušení materiálu v oblasti ohybu
- ✚ zpevnění materiálu v oblasti ohybu
- ✚ horší drsnost stříhané plochy
- ✚ zešikmení
- ✚ zeslabení tloušťky v místě stříhu
- ✚ zpevnění materiálu do hloubky $(0,1 \div 0,2) s$

Pro docílení kvalitního výrobku je nutné dodržet tyto zásady a pravidla technologii:

- poloměr ohybu volit malý, aby se zmenšilo odpružení
- nezmenšovat tolerance ohybu
- okraje polotovaru mají být kolmé v oblasti ohybu k ose ohybu
- místa ohybu mají být uvolněna od neohýbaných částí materiálu

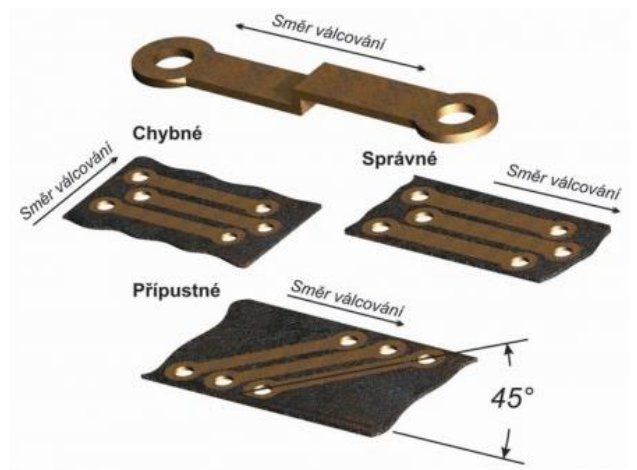
- nezmenšovat tolerance ohybu
- okraje polotovaru mají být kolmé v oblasti ohybu k ose ohybu
- místa ohybu mají být uvolněna od neohýbaných částí materiálu
- ohyb nemá ležet při okraji materiálu
- konstrukční prvky, např. otvory, musí být daleko od osy ohybu, aby nedošlo k deformaci (obr.28), $a \geq r + 2s$
- krátká a zároveň nestejně dlouhá ramena způsobují při ohybu klouzáni materiálu na stranu delšího ramene, tzn. posunutí místa ohybu
- neuzavírat součást vícenásobnými ohyby tak, aby musela být pohyblivá čelist složitého tvaru a zakládání a vyjímání se stalo nesnadné
- osa ohybu má být kolmá k vláknům, přípustný je sklon 45° na směr válcování (obr.29.)
- na výkresech ohýbaných součástí kótovat rozměry, které odpovídají rozměrům ohýbacích ústrojí nástroje
- dodržení minimálního průměru stříhaného otvoru
- nezmenšovat minimální vzdálenost mezi otvory, viz obr. 30
- čím jednodušší obrys, tím levnější výroba
- jednoduchá, krátká a nenákladná příprava výroby
- upřednostnit otvory kruhového průřezu

Přesnost součásti vyrobené stříháním se odvíjí zejména od kvality, jakosti, druhu a stavu vyrobeného nástroje. Závislost přesnosti výrobku na přesnosti nástroje je vyobrazena v tabulce č. 5.

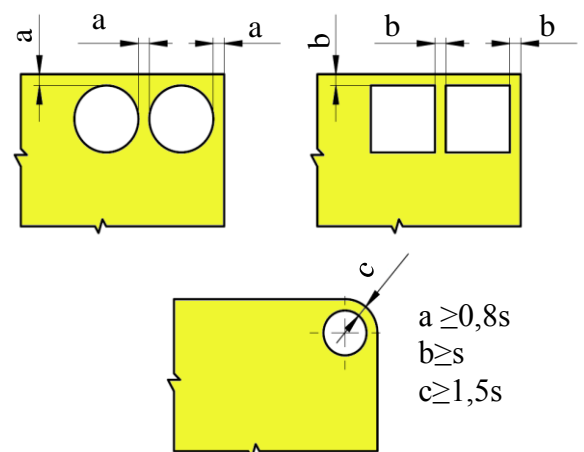


a, c – nesprávně, b – správně

Obr.28 Vzdálenost otvoru od ohybu [4]



Obr. 29 Směr válcování [3]



Obr.30 Vzdálenost od kraje [4]

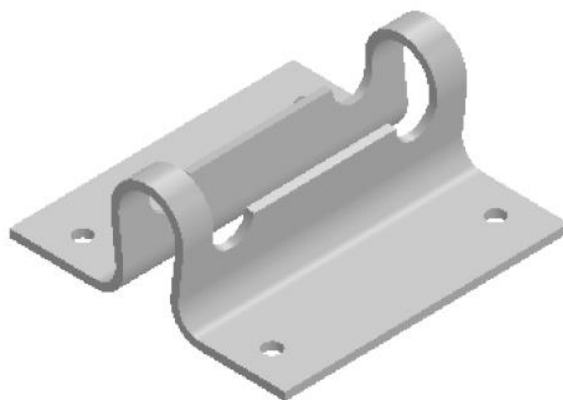
Tab. 5 Závislost přesnosti vystřihovaného výrobku na přesnosti nástroje [4]

Výrobní tolerance IT výstřižku	8-9	10	11	12	13	14	15
Výrobní tolerance IT střížníku a střížnice	5-6	6-7	7-8	8-9	10	11	12

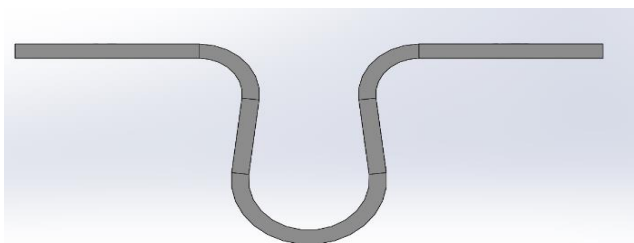
3. NÁVRH ŘEŠENÍ [4], [11], [12], [14], [21]

Řešené těleso zástrčky (obr. 31) je nerotačního tvaru, vyrobené z oceli 11 320, s hlavními rozměry 70 x 68 x 28 mm a tloušťce plechu 2 mm. Polotovarem pro výrobu bude použit ocelový plech. Výroba bude probíhat metodou sdruženého postupového nástroje kombinující stříh a ohyb. Výrobní dávka 50 000 ks ročně.

Těleso splňuje podmínky technologičnosti pro stříhání, v oblasti ohybu nesplňuje podmínku umístění otvorů dostatečně daleko od osy ohybu. Dále není splněna podmínka o uzavřeném tvaru, (obr. 32) který brání snadnému vyjmutí součásti, jenž bude vyzvednuta spolu s ohybníkem a sundána až v horní úvrati. Tyto podmínky musí být zohledněny při návrhu nástroje. Součást nelze upravit pro splnění všech podmínek a proto lze říct, že je vyrobitelná.



Obr. 31 Těleso zástrčky



Obr. 32 Uzavřený tvar

3.1 Rozvinutý tvar a velikost přístřihu

Rozvinutý tvar součásti je nutno spočítat pro určení velikosti přístřihu. Celková délka rozvinutého tvaru se skládá ze součtu délek přímých a ohnutých úseků součásti. Délka ohnutého úseku se určí podle vzorce:

$$l_o = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot \rho = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (R_o + x \cdot s) \quad (3.1)$$

kde: φ – úhel ohnutého úseku

Jelikož je součást osově symetrická, je možno spočítat pouze její polovinu a výslednou délku zdvojnásobit. Jednotlivé úseky jsou znázorněny na obrázku č. 33. Délky přímkových úseků l_1 , l_3 a poloměry zahnutí jsou odměřeny z modelu součásti, viz obr. č. 34.

- $l_1 = 21,28 \text{ mm}$
- $l_2 = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (R_o + x_2 \cdot s) = \frac{\pi \cdot 96,53}{180} \cdot (5 + 0,4575 \cdot 2) = 9,97 \text{ mm}$
kde: x_2 – zjištěno dle tab. 3,
$$\frac{R_o}{s} = \frac{5}{2} = 2,5$$

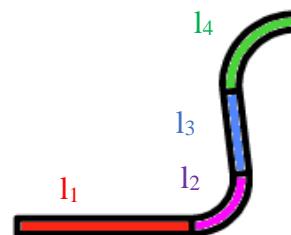
 $x_2 = 0,4575$

- $l_3 = 10,48 \text{ mm}$
- $l_4 = \frac{\pi \cdot 96,53}{180} \cdot (7 + 0,4725 \cdot 2) = 13,39 \text{ mm}$

kde: x_3 – zjištěno dle tab. 3,

$$\frac{R_o}{s} = \frac{7}{2} = 3,5$$

$$x_3 = 0,4725$$

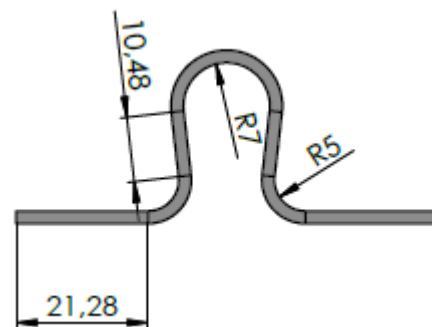


Obr. 33 Rozdělení na úseky

Délka rozvinutého tvaru:

$$l_c = 2 \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) = 2 \cdot (21,28 + 9,97 + 10,48 + 13,39) = 110,25 \text{ mm}$$

Pomocí vzorce pro výpočet ohnutého úseky byly zjištěny délky úseků l_2 a l_3 . Délky úseků l_1 a l_3 byly odměřeny z 3D modelu součásti vytvořeném v softwaru SolidWorks. Po sečtení jednotlivých úseků byla zjištěna velikost poloviny rozvinutého tvaru součásti. Vzhledem k symetrii dílce se celková délka rovná dvojnásobku. Pro kontrolu a porovnání byla v modelu součásti odměřena délka 110,79 mm. Vzhledem k nepřesnostem při výpočtu vlivem zaokrouhlení a nemožnosti nastavit vlastnosti a parametry ohybu v programu byla stanovena velikost rozvinutého tvaru na 110,3 mm. Tato hodnota byla volena s ohledem na úsporu materiálu. Rozměry přístříhu budou 110,3 x 70 mm.



Obr. 34 Úseky

3.2 Umístění výstřižku

Při postupovém stříhání je důležité výrobek umístit na pás plechu tak, aby bylo množství odpadu, který je nedílnou součástí, co nejmenší.

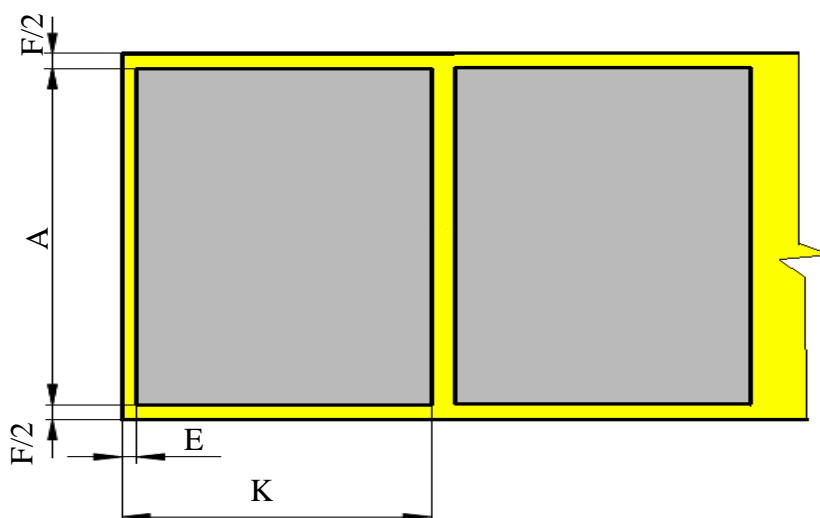
Podle tabulek uvedených v příloze č. 1 bude vybrána minimální vzdálenost mezi jednotlivými výstřižky, tzv. přepážka a šířka okraje pásu plechu. Přepážka zajistí že nedojde k deformaci při zhotovování jednotlivých výstřižků. Okraj plechu slouží k vedení mezi vodícími lištami a podepření při vystřihování obrysu. Při obdélníkovém tvaru přístříhu jsou možné dvě varianty umístění na pás plechu.

- a) Příčné umístění – které je delší stranou příčně, které je znázorněno na obrázku č. 35 má tyto parametry: šířka výstřižku: $L = 70 \text{ mm}$, délka výstřižku $A = 110,3 \text{ mm}$, šířka přepážky: $E = 3,5 \text{ mm}$, okraj pásu plechu: $F = 10 \text{ mm}$

Z těchto hodnot se určí potřebný krok pro zhotovení jedné operace a celková šířka pásu.

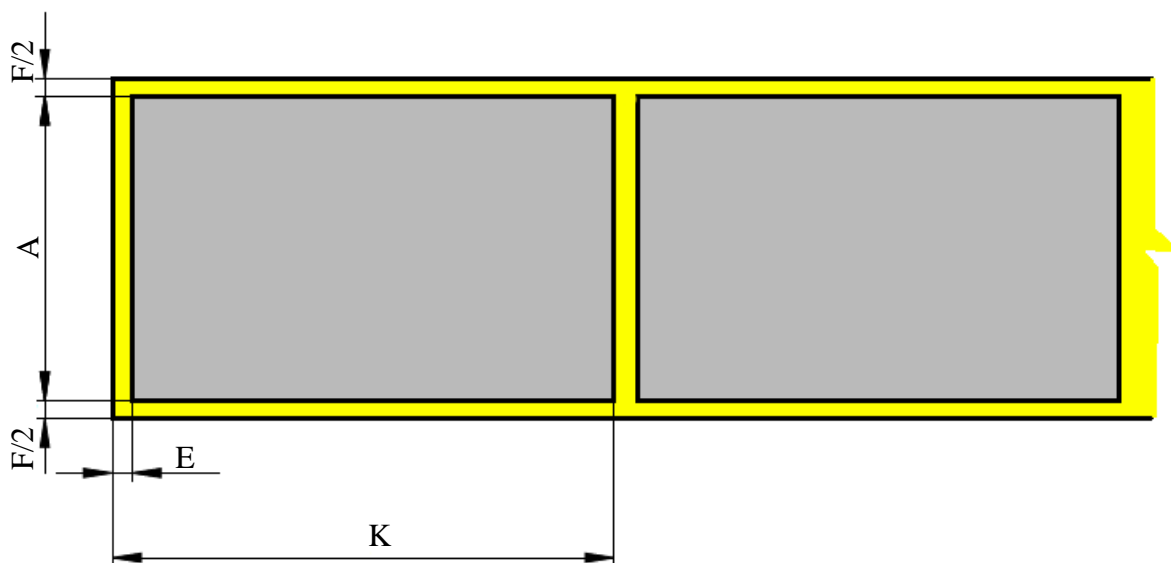
$$\text{Krok pásu: } K = 70 + E = 70 + 3,5 = 73,5 \text{ mm}$$

$$\text{Šířka pásu: } \check{s} = 110,3 + F = 110,3 + 10 = 120,3 \text{ mm}$$



Obr. 35 Příčné umístění

- b) Podélné umístění – je znázorněno na obr. č. 36 a má tyto jednotlivé parametry:
Šířka výstřižku: $L = 110,3 \text{ mm}$, délka výstřižku: $A = 70 \text{ mm}$, šířka přepážky: $E = 4,5 \text{ mm}$,
okraj pásu plechu: $F = 8 \text{ mm}$
Z těchto hodnot se opět určí potřebný krok pro zhotovení jedné operace a celková šířka pásu.
Krok pásu: $K = L + E = 110,3 + 4,5 = 114,8 \text{ mm}$
Šířka pásu: $\check{s} = A + F = 70 + 8 = 78 \text{ mm}$



Obr. 36 Podélné umístění

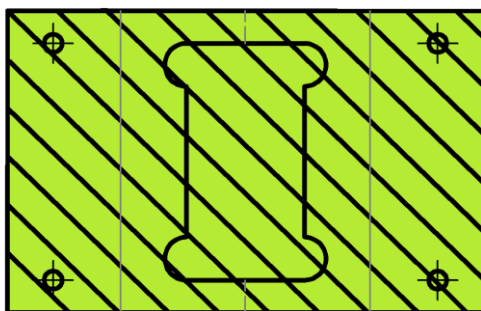
Možnosti volby polotovaru jsou tabule plechu ve třech základních velikostech:

- ❖ malý formát 1000 x 2000 mm
- ❖ střední formát 1250 x 2500 mm
- ❖ velký formát 1500 x 3000 mm

Plech je pro další použití dělen dvěma způsoby. Možnosti dělení jsou na obr. 37.

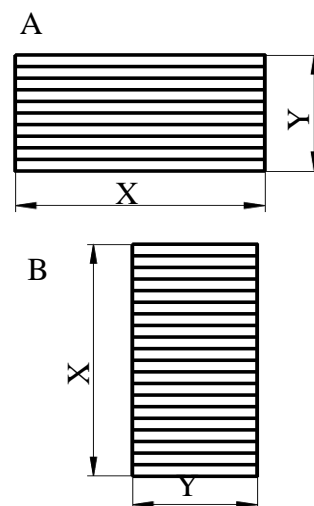
Vzorové výpočty pro příčné umístění, varianty dělení A:

Plocha „plného“ dílu (obr.38):



Obr.38 Plný díl

$$S = A \cdot L = 70 \cdot 110,3 = 7\,721 \text{ mm}^2$$



Obr. 37 Varianty dělení

(3.2)

Výpočet počtu pásů plechu:

$$P_p = \frac{h_p}{\check{s}} = \frac{1000}{120,3} = 8,3 \text{ pásů} \quad (3.3)$$

kde: h_p – výška plechu

Vzhledem k tomu, že nejde použít necelý pás plechu, počet plechů z tabule $P_p = 8$ ks

Počet dílů na pás:

$$P_D = \frac{\check{s}_p}{K} = 27,2 \text{ ks} \quad (3.4)$$

kde: \check{s}_p – šířka plech

Díl musí být celý, proto $P_D = 27$ ks.

Počet dílů z tabule:

$$P_{dt} = P_p \cdot P_D = 8 \cdot 27 = 216 \text{ výstřižků} \quad (3.5)$$

Počet tabulí na výrobní sérii:

$$P_T = \frac{50\,000}{204} = 245,09 \text{ tabulí plechu} \quad (3.6)$$

Nelze koupit jen část tabule plechu, proto $P_T = 246$ tabulí.

Využití 1 tabule plechu:

$$E_T = \frac{S \cdot P_{dt}}{X \cdot Y} \cdot 100 = \frac{7\,721 \cdot 216}{2000 \cdot 1000} \cdot 100 = 83,4 \% \quad (3.7)$$

Další varianta polotovaru je plech ve formě svitku. Ten je z válcoven zhotoven na požadovanou šířku a tím je ušetřeno mnoho času na dělení polotovaru a manipulaci s ním. Rozměry svitku jsou na obr. 39.

Délka svitku:

$$L_{sv} = \frac{\pi \cdot (D_{sv}^2 - d_{sv}^2)}{4 \cdot s} = \frac{\pi \cdot (1800^2 - 610^2)}{4 \cdot 2} \quad (3.8)$$

kde: D_{sv} – vnější průměr svitku

d_{sv} – vnitřní průměr svitku

$$L_{sv} = 1\,126\,221,7 \text{ mm}$$

Vzorové výpočty pro svitek o šířce 78 mm:

Počet kusů ze svitku:

$$P_{Dsv} = \frac{L_{sv}}{K} = \frac{1\,126\,221,7}{114,8} = 9\,810,3 \rightarrow \text{voleno } 9\,810 \quad (3.9)$$

Potřebný počet svitků:

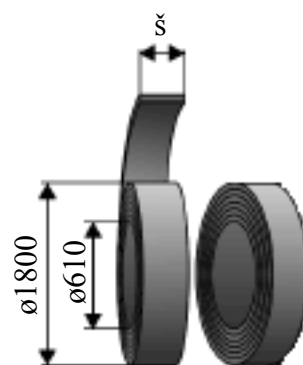
$$P_{sv} = \frac{50\,000}{P_{Dsv}} = \frac{50\,000}{9810} = 3,26 \rightarrow \text{voleno } 3 \quad (3.10)$$

Počet kusů i svitků musí být vždy celé číslo, proto se zaokrouhluje dolů, protože musí být vždy celý kus i svitek.

Využití 1 svitku:

$$E_{sv} = \frac{P_{Dsv} \cdot S}{\check{s} \cdot L_{sv}} \cdot 100 = \frac{9\,810 \cdot 7\,721}{78 \cdot 1\,126\,221,7} \cdot 100 = 86,22\% \quad (3.11)$$

Výpočty byla zjištěna výrobnost u jednotlivých typů polotovarů. Počet vyrobených dílů byl vždy zaokrouhlen na nejbližší nižší hodnotu celého čísla, není totiž možné vyrobit necelý kus. Z toho byl vypočten počet kusů z pásu a celé tabule nebo svitku. Z výpočtu obsahu plného dílu, počtu kusů a plochy tabule nebo svitku byla zjištěna využitelnost jednotlivých polotovarů. Vypočtené hodnoty všech variant jsou uvedeny v tabulce č. 6.



Obr. 39 Svitek [33]

Tab.6 Využití polotovaru


Polotovár	Umístění výstřižku	Varianta dělení	Využití
Tabule 1000 x 2000	Příčné	A	83,4 %
		B	80,3 %
	Podélné	A	78,75 %
		B	77,21 %
Tabule 1250 x 2500	Příčné	A	84 %
		B	84 %
	Podélné	A	83 %
		B	79 %
Tabule 1500 x 3000	Příčné	A	82,35 %
		B	82,35 %
	Podélné	A	84,76 %
		B	84,76 %
Svitek 120,3 x 1 126 221,7			87,31 %
Svitek 78 x 1 126 221,7			86,22 %

Jako nejekonomičtější varianta se jeví použití svitku o šíři 120,3 mm s využitím 87,31 %. Svitek o šířce 78 mm je také výhodný oproti tabulím. Vybráno bude tedy ze svitku a při volbě musí být přihlédnuto k výrobní proveditelnosti jednotlivých umístění.

3.3 Varianty postupu

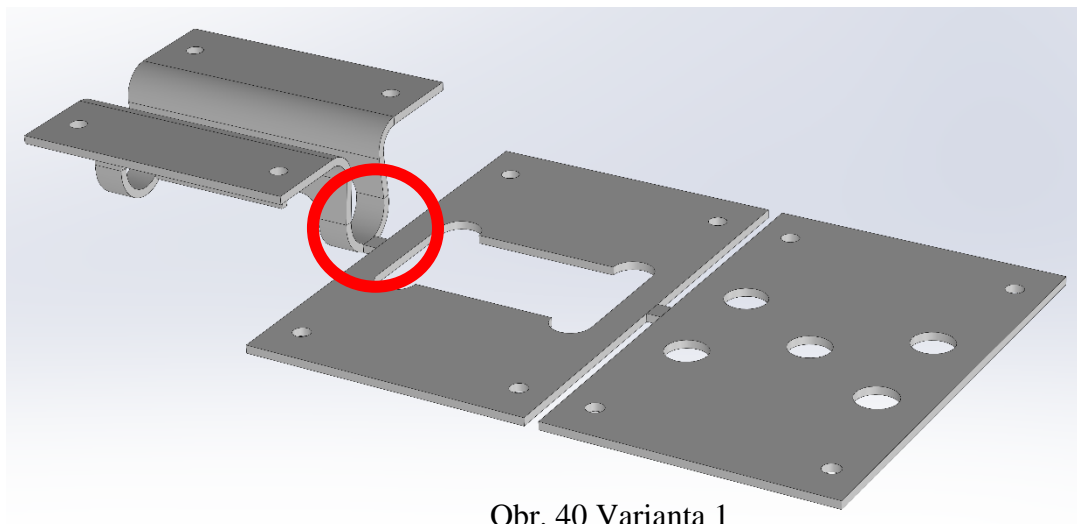
Špatně zvolený postup může způsobit prodražení výroby vlivem nehospodárnost, jelikož cena materiálu totiž tvoří zhruba 60 až 70 % celkových nákladů. Při návrhu musí být brán ohled na technologické zásady konstrukce, minimálně vzdálenost mezi výrobky, šířku kraje pásu a proveditelnost navrhnutého řešení.

Vzhledem k variantám umístění výstřižku na pás plechu přichází v úvahu pouze dvě varianty postupu, které se od umístění odvíjejí.

 Varianta 1 – první krok: vystřihnout čtyř otvorů $\varnothing 4,3$ mm pro upevnění zástrčky a vystřížení děr, které zajistí jezdce zástrčky v poloze otevřeno/zavřeno. Ve středu součásti bude vystřihnout technologický otvor pro zahledání v další operaci. Druhý krok provede prostřížení obdélníkového otvoru, ten v kvadrantech propojí jednotlivé otvory pro zajištění jezdce. Střížník je dostatečně velký pro osazení zahledávacího trnu dovnitř. Třetím krokem dojde k vytvoření U ohybu středem součásti.

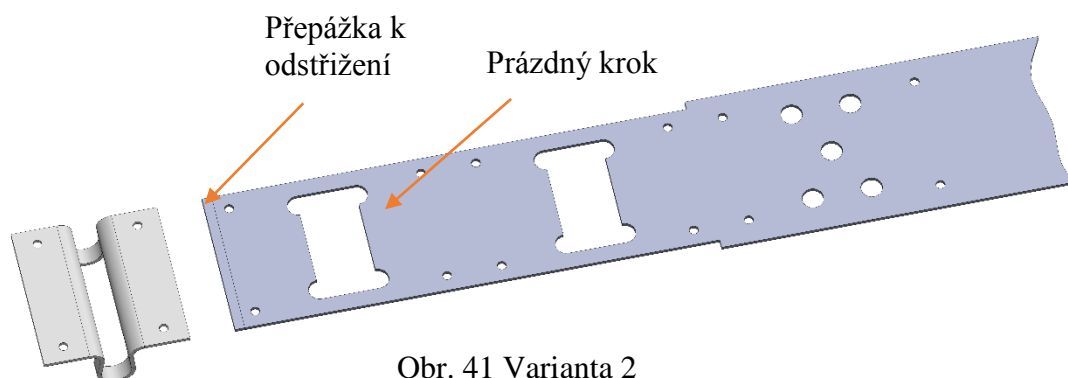
Aby bylo docíleno provedení dvou bočních ohybů při stejném zdvihu, bude nutné použít přidržovač, který zajistí aby nebyl plech vzpřímen vlivem hlavního U ohybu a zůstal ve stejné rovině jako při stříhu. Postup výroby součásti tímto způsobem je nereálný, jelikož jediné místo, kde může být umístěna přepážka tak, aby se nedeformovala posunutím při ohybu, je střed součásti. Na obrázku č. 40 je tento postup zobrazen, včetně zvýrazněného místa pro přepážku, kvůli kterému nelze ohyb provést. Zasunutí ohybníku by deformovalo předešlý krok. Způsob ohybu, kde by zdvih prováděla ohybnice a bylo tvarováno přes

ohybník, aby byla rovina přepážky zachována, je nereálná. Z tohoto důvodu je tato varianta umístění zavrhnuta.



Obr. 40 Varianta 1

✚ Varianta 2 – první krok: vystříhnutí děr $\varnothing 4,3$ mm pro uchycení zástrčky šroubem, vystřížení otvorů pro zajišťování jezdců včetně místa pro zahledávací trn. Druhý krok: zahledání do připraveného otvoru a následné vystřížení obdélníkového otvoru, který propojí již vytvořené kruhové díry. Při třetím kroku neprobíhá žádná operace, jedná se o tzv. prázdný krok. Jeho užití je nutné, aby bylo možné před posledním krokem odstříhnout přepážku. Čtvrtý krok provádí ohyb za použití přidržovače a zároveň před dosednutím ohybníku dochází k odstříhnutí můstku. Nastínění provedení této varianty je znázorněno na obr. č. 41. U této varianty nastává problém po dokončení ohybu, kdy zhotovená součást nemůže kvůli uzavřenému tvaru pokračovat v původním směru. Při návrhu nástroje bude nutno tento problém zohlednit a vyřešit. Jako přijatelná varianta se jeví boční odebrání vyrobené součásti přímo z ohybníku.



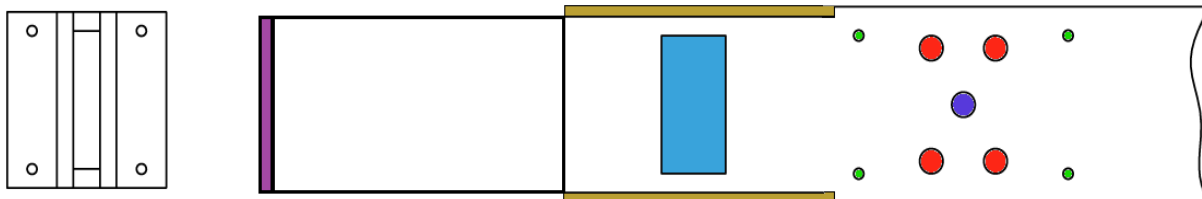
Obr. 41 Varianta 2

Po zvážení obou variant bylo zvoleno podélné umístění výstřížku. S tím souvisí i použití vstupní polotovaru, svitku o šíři 78 mm.

3.4 Síla a práce

Pro zhotovení kvalitního výrobku je důležité předem znát sílu pro vystřihnutí součástí a provedení ohybu. Pokud se vystřihuje z pásu plechu, je nutno započíst i sílu pro různé pomocné operace, jako je odstříhování přepážky, krajů atd.

Síly pro jednotlivé operace budou vypočítány podle vzorce (2.4). Barevně označené plochy na obrázku č. 42 budou vystřiženy. Dále bude určena síla protlačovací a stírací podle vzorců (2.5), resp. (2.6). Sečtením těchto sil bude zjištěna celková střížná síla (2.3).



Obr.42 Střížné operace

➤ **ø4,3:**

$$F_{S1} = k \cdot s \cdot l \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 4,3 \cdot 352 = 12\,363,3 \text{ [N]}$$

$$\text{kde: } k = (1,2 \div 1,5) \text{ [-]}$$

$$\text{voleno } k = 1,3 \text{ [-]}$$

$$\tau_{ps} = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 440 = 352 \text{ [MPa]}$$

➤ **ø10 mm:**

$$F_{S2} = k \cdot s \cdot l \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 352 = 28\,751,9 \text{ [N]}$$

➤ **55 x 27,41 mm:**

$$F_{S3} = k \cdot s \cdot l \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot (55 + 27,41) \cdot 352 = 150\,843,3 \text{ [N]}$$

➤ **ustřížení přepážky:**

$$F_{S4} = k \cdot s \cdot l \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 88 \cdot 352 = 161\,075,2 \text{ [N]}$$

➤ **115 x 4 mm:**

$$F_{S5} = k \cdot s \cdot l \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 2 \cdot (115 + 4) \cdot 352 = 108\,908,8 \text{ [N]}$$

♦ **stírací síla pro ø4,3:**

$$F_{st1} = c_1 \cdot F_{S1} = 0,08 \cdot 12\,363,3 = 989,064 \text{ [N]}$$

$$\text{kde: } c_1 = 0,08 \text{ dle tab. č.4}$$

♦ **protlačovací síla pro ø4,3:**

$$F_{PR1} = c_2 \cdot F_{S1} = 0,06 \cdot 12\,363,3 = 741,798 \text{ [N]}$$

$$\text{kde: součinitel } c_2 = 0,06 \text{ dle tab. č. 4}$$

Celková síla pro vystřížení otvoru o ø4,3:

$$F_{C1} = F_{S1} + F_{st1} + F_{PR1} = 12\,363,3 + 989,064 + 741,789 = 14\,094,16 \text{ [N]}$$

Velikosti jednotlivých sil pro zhotovení otvorů jsou zapsány do tabulky č. 7.

Tab. 7 Velikosti sil

	F_s [N]	F_{st} [N]	F_{PR} [N]	F_c [N]
1) $\varnothing 4,3$	12 363,3	989,1	741,8	1 4094,2
2) $\varnothing 10$	28 751,9	2 300,2	1 725,1	32 777,2
3) 55 x 27,41	150 843,3	12 067,5	9 050,6	171 961,4
4) 88 x 4,5	161 075,2	12 886	9 664,5	183 625,7
5) 115 x 4	108 908	8 712,6	6 534,48	124 155,1

Celková střížná síla na zhotovení celé součásti vznikne součtem všech sil jednotlivých prvků:

$$\begin{aligned}
 F_{sc} &= 4 \cdot F_{C1} + 4 \cdot F_{C2} + F_{C3} + F_{C4} + 2 \cdot F_{C5} = \\
 &= 4 \cdot 14\,094,16 + 4 \cdot 32\,777,17 + 171\,961,4 + 134\,589,3 + 2 \cdot 124\,155,1 + \\
 &\quad + 2 \cdot 10\,433,28 = 826\,722,4 \text{ [N]}
 \end{aligned}$$

Těmito výpočty byla zjištěna síla potřebná pro zhotovení všech střížných operací. Pro další výpočty bude použita $F_{sc} \cong 827\,000 \text{ [N]} = 827 \text{ [kN]}$.

Výpočet střížné práce podle(2.7):

$$\begin{aligned}
 A &= \lambda \cdot F_{sc} \cdot s = 0,55 \cdot 827\,000 \cdot 2 = 909\,700 \text{ [J]} \\
 \text{kde } \lambda &= 0,55 \text{ dle obr. 17}
 \end{aligned}$$

Práce pro vystřihnutí dílu je po zaokrouhlení rovna 910 kJ.

Síla pro vytvoření U – ohybu podle vzorce (2.8):

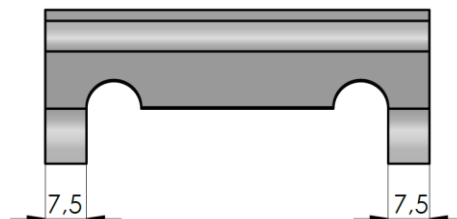
$$F_{OU} = \frac{0,4 \cdot R_m \cdot B \cdot s^2}{l} = \frac{0,4 \cdot 440 \cdot (7,5 \cdot 2) \cdot 2^2}{18} = 586,7 \text{ [N]}$$

kde: B odměřeno z modelu součásti, obr. č. 43,
vzdálenost l je rovna dvojnásobku radiusu

Práce pro vytvoření U – ohybu dle (2.9):

$$A_{OU} = \frac{F_{OU} \cdot m_1 \cdot h}{1000} = \frac{586,7 \cdot \frac{2}{8} \cdot 28}{1000} = 11 \text{ [J]}$$

Z výpočtů síly a práce pro ohyb je patrné, že jsou poměrně malé při porovnání se silou a prací pro stříh.



Obr. 43 Rozměr B

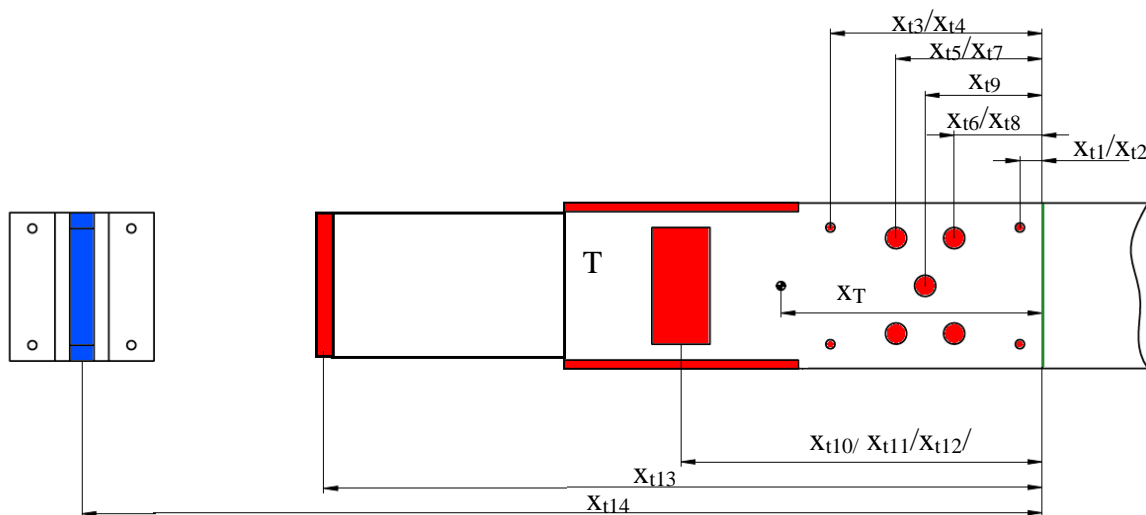
3.5 Návrh nástroje [12], [17], [31],

Připravený pás plechu bude zaveden do nástroje, určení polohy před začátkem výroby zajistí načínací doraz. První operace provede vystřížení čtyř kruhových otvorů o $\varnothing 4,3$ mm, dále vystřížení čtyř otvorů $\varnothing 10$ mm a jednoho technologického otvoru $\varnothing 10$ mm, který bude sloužit pro zahledávací trn v další operaci. Správné ustavení před druhým krokem určí opět načínací doraz. Při třetí operaci dojde k vystřihnutí obdélníkového otvoru, který propojí kruhové díry $\varnothing 10$ mm. V tomto střížníku bude zakomponován zahledávací trn, který vystředí a zapoložuje pás plechu. Otvor se nachází v odpadové části a proto může být zvoleno většího hledáčku bez rizika poškození součásti. Při této operaci bude také provedeno odstřížení okrajů plechu. Následující krok má technologický charakter a zůstane prázdný. To je zapříčiněno tím, že není možné mezi odstřihovače kraje plechu umístit další střížník pro odstranění můstku. Ustavení pásu plechu k poslední operaci bude provedeno pevným dorazem. Okraj výstřížku se opře o plochu dorazu a tím zajistí požadované zastrčení. Poté bude odstřížena přepážka, aby mohl být proveden ohyb. Před samotným ohnutím dosedne přidržovač, který zajistí navazující ohyby, jeden na každé straně. Aby došlo i k ohnutí bočních částí, bude nutné při návrhu nástroje použít

válcové čelisti, jež se při dosednutí naklopí a tím provedou uzavřený ohyb. Při zdvihu beranu do horní úvrati bude vyzvednut i díl a poté sundán obsluhou bokem.

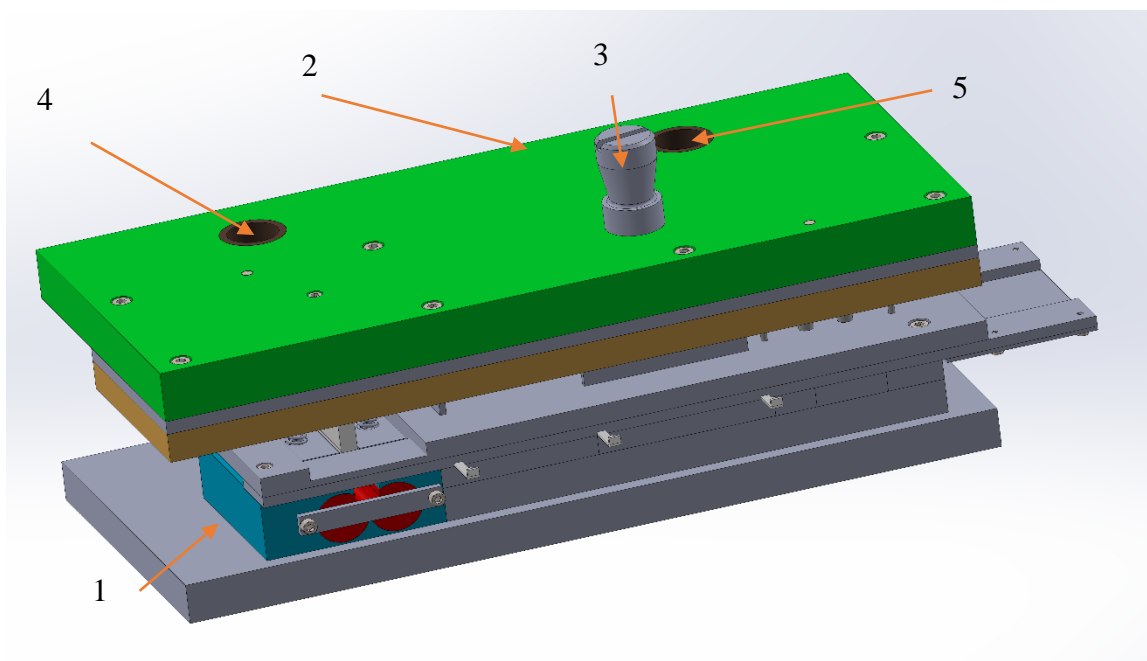
Pro návrh musí být známa také poloha těžiště sil, které bude vzhledem k symetrii součásti počítáno pouze pro osu x. Vzdálenosti jednotlivých otvorů jsou znázorněny na obr. 44.

$$x_t = \frac{\sum_{i=1}^{16} F_i \cdot x_{ti}}{F_c + F_o} = \frac{140\,284\,432,9}{826\,722,4} = 169,69 \text{ mm} \quad (3.12)$$



Obr. 44 Výpočet těžiště

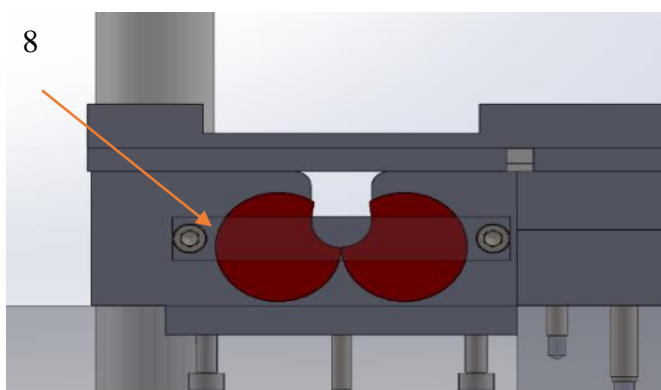
Konstrukce nástroje je tvořena základními stavebními prvky (obr.45). Základní deska (1) slouží k upnutí nástroje na stůl lisu pomocí upínek, příložek a matic. Upínací deska (2) je opatřena stopkou (3) umístěnou v těžišti sil, a spolu s ní je připevňována k beranu lisu. Vodicí



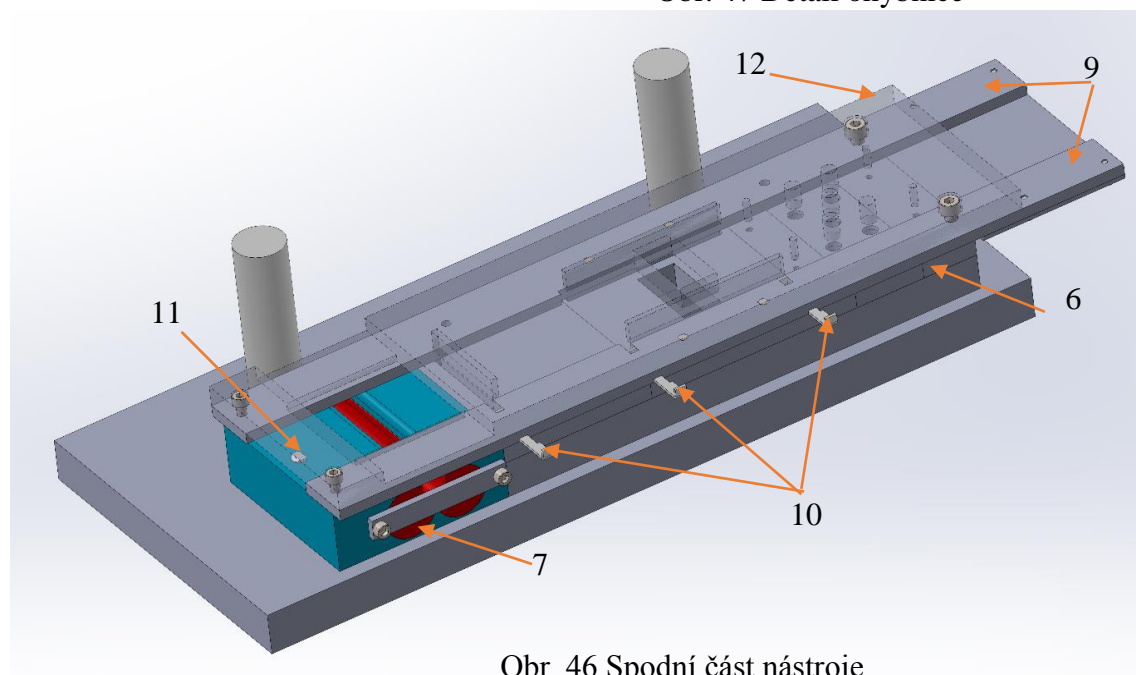
Obr. 45 Sestava nástroje

sloupek (4) je zalisován do základní desky a spolu s kluznými pouzdry (5) zajistí vedení mezi základními prvky a zabrání náklonům v průběhu zdvihu.

Spodní část nástroje (obr. 46) obsahuje modulární střižnici (6) pro jednotlivé operace. Ohybnice je tvořena dvěma válcovými čelistmi (7), jejichž axiálnímu posunu brání z obou stran příložky (8). Detail je znázorněn na obr.47. K vedení plechu po dobu



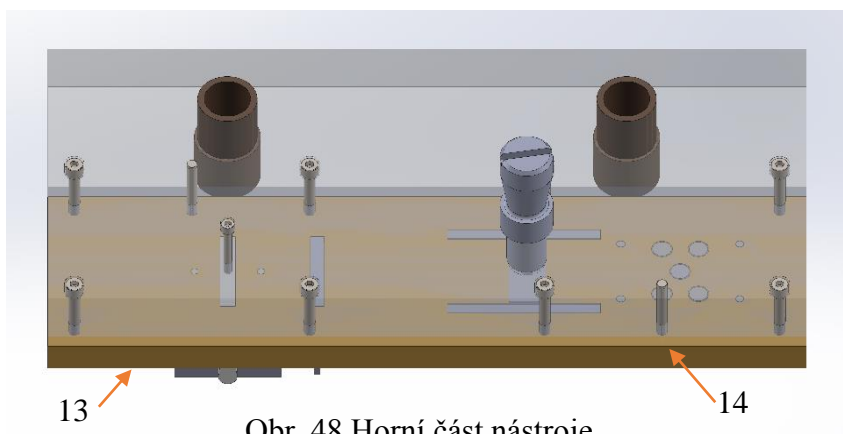
Obr. 47 Detail ohybnice



Obr. 46 Spodní část nástroje

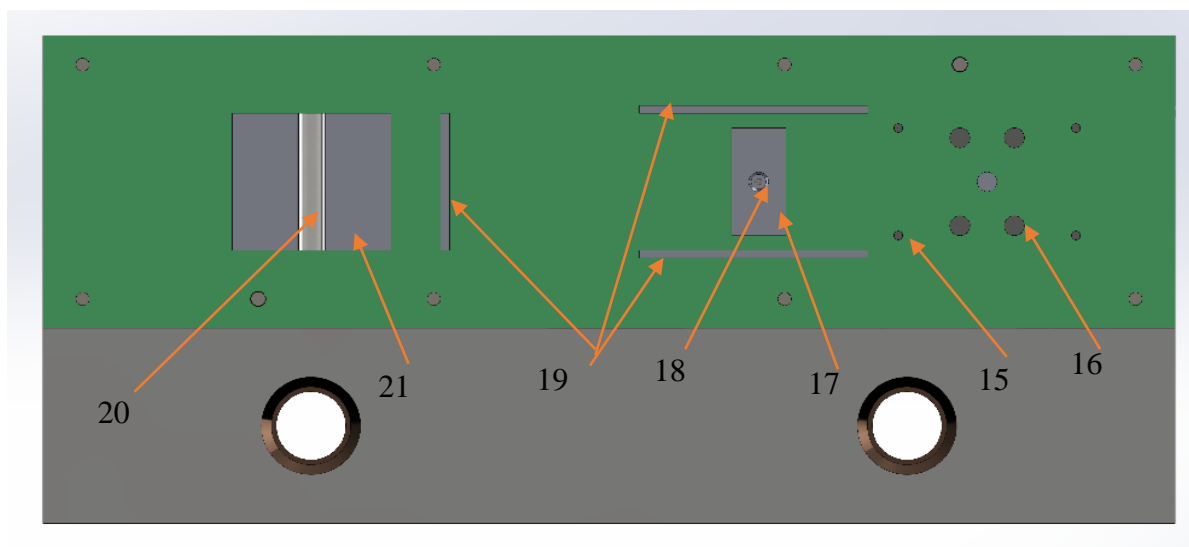
všech operací slouží vodící lišty (9). V liště umístěné blíže k obsluze jsou zakomponovány načínací dorazy (10), které jsou používány při zavádění nového svitku. U posledního kroku je umístěn pevný doraz (11) sloužící k ustavení plechu před provedením ohybu. Vodící deska (12) vede střižníky a stírá stříhaný materiál. Jednotlivé prvky jsou vzájemně skolíkované a sešroubovány k základní desce.

Horní část nástroje (obr.48) obsahuje kotevní desku (13), ve které jsou pomocí osazení upevněny střižníky a ohybník. Kalená opěrná deska (14) brání zasunutí střižníků při pronikání do materiálu. Kotevní, opěrná a základová deska je spojena pomocí šroubů a kolíků. Při spodním pohledu na kotevní desku (obr.49) jsou zobrazeny kruhové střižníky $\varnothing 4,3$ mm (15), $\varnothing 10,184$ mm (16), obdélníkový



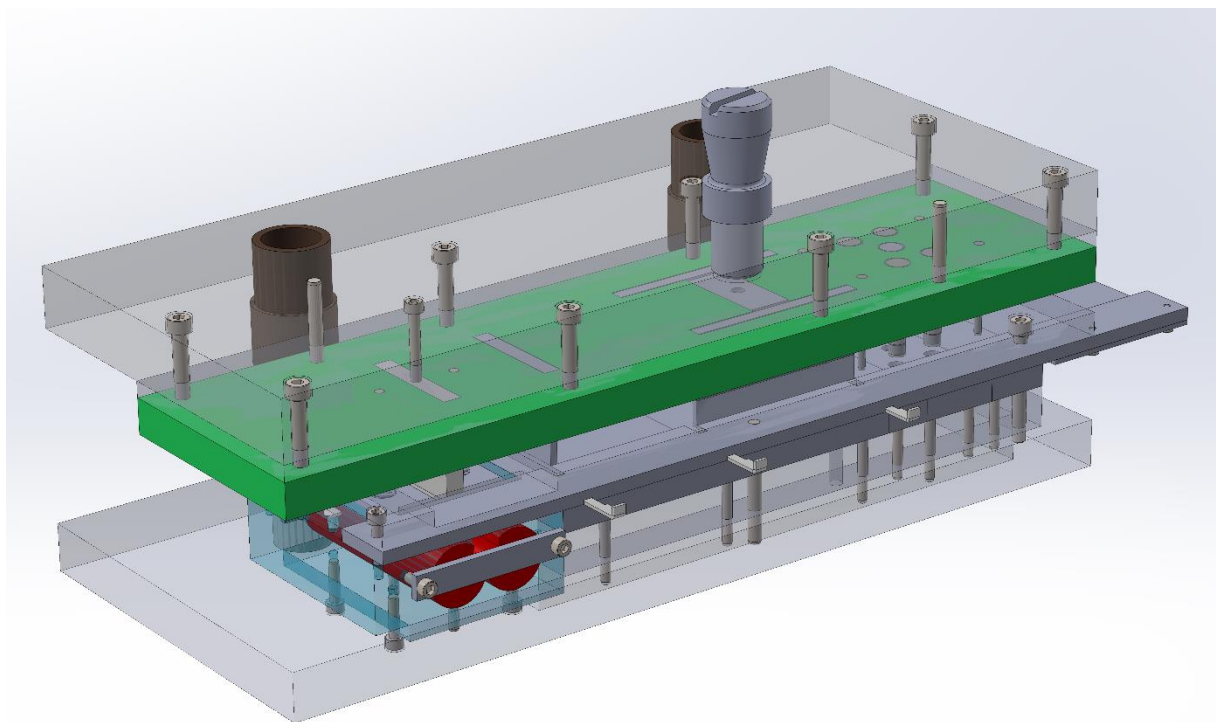
Obr. 48 Horní část nástroje

50 x 27,4 mm (17), který je vybaven hledáčkem (18), ostříhovací střížníky (19), ohybník (20) a přidržovač (21)



Obr.49 Pohled na kotevní desku

. Obrázek č. 50 zobrazuje přes zprůhledněné díly celkové smontování nástroje. K tomu bylo použito šroubů M6, M8, válcových kolíků $\varnothing 6$ a $\varnothing 8$.



Obr. 50 Smontování nástroje

Střížník o nejmenším průřezu musí být zkontrolován na vzpěr, aby během výroby nedošlo k jeho deformaci. Podle vzorce bude spočítána jeho kritická délka, která nesmí být překročena.

Kritická délka:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J}{\mu \cdot F_{kr}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 16,31}{2 \cdot 9\,443,9}} = 69,45 \text{ mm} \quad (3.13)$$

kde: E – modul pružnosti v tahu, pro ocel: $2,1 \cdot 10^5$ [MPa]

J – kvadratický moment

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 4,27^4}{64} = 16,31 \text{ mm}^4 \quad (3.14)$$

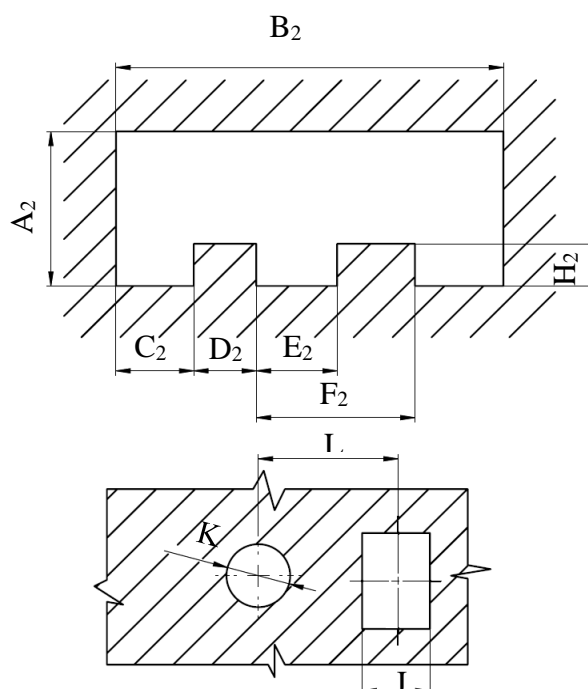
μ – součinitel bezpečnosti, pro tento případ voleno $\mu = 2$

F_{kr} – kritická síla

$$F_{kr} = \pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_{ps} = \pi \cdot 4,27 \cdot 2 \cdot 352 = 9\,443,9 \text{ N} \quad (3.15)$$

Výpočtem byla zjištěna maximální délka střížníku. Při návrhu musí být zohledněna a pokud by musel být střížník delší, je nutné ho upravit, například odstupňováním.

Při návrhu nástroje musí být zajištěno zhotovení stále stejných, přesných výrobků. Proto je u střížníku a střížnic nutné spočítat jejich výrobní rozměry včetně tolerancí. Rozměry střížníků a střížnic určuje norma ČSN 22 6015. Při stanovování se určí jedna část stříhadla jako základní, od které se následně počítá část druhá. V tomto případě, při děrování, to bývá střížník. Před výběrem vzorce pro výpočet se musí určit změna rozměru součásti vlivem opotřebení nástroje, tzn. jestli se daný rozměr zmenší, zvětší nebo zůstane stejný. Určení rozměrů se provede podle obr. č 51 a tab. č.8. Správný vzorec pro výpočet bude následně vybrán z tab. č. 9, včetně odvozeného vzorce pro druhou část nástroje.



Obr. 51 Otvory v součásti [9]

Pro výpočet je důležité znát střížnou vůli, spočítanou podle vzorce (2.1):

$$v = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = 0,01 \cdot 2 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{352} = 0,12 \text{ mm}$$

kde: c – voleno 0,01

Tab. 8 Změna rozměru vlivem opotřebení pracovních částí nástrojů [9]

Rozměry se zvětšují	Rozměry se zmenšují	Rozměry se nemění
A ₁ , B ₁ , C ₁ , E ₁ , D ₂	D ₁ , A ₂ , B ₂ , E ₂ , J, K	F ₁ , H ₁ , F ₂ , H ₂ , L

Tab.9 Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při děrování [9]

Rozměry opotřebení	Orientace odchylek TS	Technologicky základní část	
		Střížník	Odvozené vzorce pro střížnici
Zvětšuje	+	$RAD = (JR) + TA$	$RED = (RAD - V + TE) - TE$
	-	$RAD = (JR - P) + TA$	
	±	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) + TA$	
Zmenšuje	+	$RAD = (JR + P) - TA$	$RED = (RAD + V - TE) + TE$
	-	$RAD = (JR) - TA$	
	±	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) - TA$	
Nemění	+	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$RED = (RAD) \pm TE$
	-	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$	
	±	$RAD = (JR) \pm TA$	

kde: RED – rozměr střížnice při děrování

JR – jmenovitý rozměr součásti

TS – tolerance jmenovitého rozměru

TE – výrobní tolerance střížnice

RAD – rozměr střížníku při děrování

V – střížná vůle

P – přípustná míra opotřebení

TA – výrobní tolerance střížníku

Vzorový výpočet rozměrů střížníku a střížnice bude proveden na kruhovém otvoru $\varnothing 10H11$, kde jsou hodnoty $P = 0,1 \text{ mm}$, $TE = 0,036 \text{ mm}$ a $TA = 0,025 \text{ mm}$ určeny z tabulky uvedené v příloze č. X.

Dle obr. X se jedná o rozměr K, který se vlivem opotřebení pracovní části nástroje zmenšuje. Odchylka rozměru u tolerančního pole H je kladná. Pro výpočet střížníku tedy bude použit vzorec:

$$RAD = (JR + P) - TA = (10 + 0,1) - 0,025 = 10,1_{-0,025}^0 \text{ mm.}$$

Střížnice: $RED = (RAD + V - TE) + TE =$

$$= 10,1 + 0,12 - 0,036 + 0,036 = 10,184_{0}^{+0,036} \text{ mm.}$$

Hodnoty pro výpočet dalších částí a jejich výsledky jsou sumarizovány v tab. č. 10.

Tab. 10 Rozměry funkčních částí

JR [mm]	$\varnothing 4,2H11$	$\varnothing 10H11$	27,4H11	55H10
P [mm]	0,070	0,10	0,110	0,09
TE [mm]	0,025	0,036	0,036	0,032
TA [mm]	0,018	0,025	0,025	0,023
RAD [mm]	$4,27_{-0,018}^0$	$10,1_{-0,025}^0$	$27,51_{-0,025}^0$	$55,09_{-0,023}^0$
RED [mm]	$4,365_{0}^{+0,025}$	$10,184_{0}^{+0,036}$	$27,594_{0}^{+0,036}$	$55,178_{0}^{+0,032}$

3.6 Volba stroje

Řešené součást bude vyráběna na výstředníkovém lisu. Stroj musí být volen s ohledem na maximální jmenovitou sílu a práci, jež je schopen vyvinout a tím zhotovit dílec. Síla potřebné pro zhotovení byla stanovena výpočty a po následném zaokrouhlení činí 827 kN. Práce pro výrobu je 910 kJ.

Pro výrobu byl na základě těchto hodnot zvolen lis S160 od firmy Šmeral Brno a.s. Tento stroj disponuje jmenovitou silou 1600 kN, což zajistí zhotovení součásti se značnou rezervou. Lis S160 je znázorněn na obr. č. 52 a jeho parametry jsou zapsány v tab. 11.



Obr. 52 Lis S 160 E [37]

Tab. 11 Parametry lisu S160 [27]

Tvářecí síla	1600 kN
Sevření	500 mm
Vyložení	400 mm
Upínací plocha stolu	1200 x 800 mm
Upínací plocha beranu	860 x 520 mm
zdvih beranu	20 – 160 mm
Počet zdvihů beranu	40/60 min ⁻¹
Přestavování beranu	100 mm
Celkový instalovaný výkon	23 kW
Rozměry stoje v x š x h	3,3 x 1,4 x 2,5 m

4. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [6], [11]

Do nákladů na výrobu nebude uvažována mzda manipulačních dělníků, kteří zajišťují převoz svitků a hotových dílců, náklady nutnými k závozu dílů do kooperace na povrchovou úpravu, protože jsou minimální díky dovozu většího množství různých dílů. Kvůli neznámosti podmínek nebude započítána spotřeba energií (elektřina, stlačený vzduch), servis a údržba strojů i nástrojů.

Náklady pro výrobu se dělí do dvou skupin:

- ❖ fixní náklady: Náklady, které nemají závislost na objemu výroby a jsou stále stejné.

Mezi fixní náklady bude započítány pouze cena za nástroj, která byla stanovena odhadem firmou zabývající se nástrojařskou výrobou.

$$N_f = 289\,680 \text{ Kč}$$

- ❖ variabilní náklady: Náklady přímo závislé na objemu výroby. Do těchto parametrů patří:

- Náklady na materiál: určeny podle spotřeby plechu pro daný objem výroby.

Hmotnost svitku:

$$m_{sv} = \rho \cdot s \cdot L_{sv} \cdot \text{š} \text{ [kg]}$$

kde: ρ – hustota, pro ocel 7850 kg/m³

$$m_{sv} = 7850 \cdot 0,002 \cdot 1\,126,22 \cdot 0,078 = 1\,379,17 \text{ kg}$$

Hmotnost všech svitků:

$$m_{Vsv} = m_{sv} \cdot 4 = 5\,516,68 \text{ kg}$$

Hmotnost jedné součástky:

$$m_s = S_s \cdot \rho \cdot s \text{ [kg]}$$

kde: S_s – plocha dílu

$$S_s = (a \cdot b) - \left[\left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot 4 \right) + \left(\frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot 2 \right) + (x \cdot y) \right]$$

$$S_s = (70 \cdot 110,7) - \left[\left(\frac{\pi \cdot 4,3^2}{4} \cdot 4 \right) + \left(\frac{\pi \cdot 10^2}{4} \cdot 2 \right) + (55 \cdot 27,41) \right]$$

$$S_s = 6320 \text{ mm}^2$$

$$m_s = 0,00632 \cdot 7\,850 \cdot 0,002 = 0,09 \text{ kg}$$

Hmotnost všech součástí:

$$m_{vs} = m_s \cdot 50\,000 = 4\,961,2 \text{ kg}$$

Hmotnost odpadu:

$$m_o = m_{Vsvt} - m_{vs} = 5\,516,68 - 4\,961,2 = 555,47 \text{ kg}$$

Cena svitků plechu:

$$C_{sv} = 4 \cdot m_{sv} \cdot c_{kg} = 4 \cdot 1\,379,17 \cdot 25 = 137\,917 \text{ Kč}$$

kde: c_{kg} – cena za kilogram materiálu (dle fy Alfun a.s. 25 Kč/kg)

Cena výkupu odpadu:

$$C_o = m_o \cdot c_{okg} = 555,47 \cdot 4,2 = 2\,332,97 \text{ Kč}$$

kde: c_{okg} – cena za kilogram odpadu (dle fy Ferrum 4,2 Kč/kg)

Celkové materiálové náklady:

$$N_{cm} = C_t - C_o = 137\,917 - 2\,332,97 = 135\,584 \text{ Kč}$$

Materiálové náklady na 1 ks:

$$N_{ks} = \frac{N_{cm}}{50\,000} = \frac{135\,584}{50\,000} = 2,71 \text{ Kč}$$

- Náklady na povrchovou úpravu:

$$N_{pu} = m_{vs} \cdot c_{pu} = 4\,961,2 \cdot 15 = 74\,418 \text{ Kč}$$

kde: c_{pu} – náklady na kg materiálu (dle fy Minigal s.r.o.)

- Náklady na mzdy dělníka:

Pracovní směna má 7,5 h pracovního času. Z tohoto času je 15 minut věnováno úklidu a předání pracoviště další směně. Beran lisu má 40 zdvihů za minutu, při manipulaci se svitkem plechu, vizuální výstupní kontrolou dílů a pracovním výkonem dělníka bude počítáno 50% výkonnost beranu. Počet zdvihů byl určen na 20 za minutu. Hodinová mzda výrobního dělníka podle průměru Jihočeského kraje byla stanovena na 113,3 Kč.

Teoretická hodinová norma:

$$h_n = 20 \cdot 60 = 1200 \text{ ks}$$

Čas na výrobu všech součástí:

$$T = \frac{50\,000 \cdot 7,5}{h_n \cdot 7,25} = \frac{50\,000 \cdot 7,5}{1\,200 \cdot 7,25} = 43,10 \text{ h}$$

Mzda pracovníka:

$$N_{mz} = T \cdot 113,3 = 4\,883,6 \text{ Kč}$$

Celkové variabilní náklady:

$$N_v = N_{cm} + N_{pu} + N_{mz} = 135\,584 + 74\,418 + 4\,883,6 = 214\,885,6$$

Celkové náklady pro zhotovení požadované série 50 000 kusů vzniknou sečtením nákladů fixních a všech variabilních položek:

$$N = N_f + N_v = 289\,680 + 214\,885,6 = 504\,565,6 \text{ Kč}$$

Výrobní cena jednoho kusu:

$$C_{ks} = \frac{N}{50\,000} = \frac{504\,565,60}{50\,000} = 10,09 \text{ Kč}$$

Ke každému kusu musí být připočtené určité procento jako zisk. V tomto případě bude uvažováno 25 %:

$$C_z = 1,15 \cdot C_{ks} = 1,25 \cdot 10,09 = 12,61 \text{ Kč}$$

Bodem zvratu bude určeno od kolik vyrobených kusů budou pokryty vložené náklady. Od tohoto počtu výš bude výroba zisková:

$$B_z = \frac{N_f}{C_z - \frac{N_v}{50\,000}} = \frac{289\,680}{12,61 - \frac{214\,885,6}{50\,000}} = 34\,849,6 \text{ ks}$$

Byla spočítána cena na výrobu jednoho kusu výrobku. Jako provozní zisky bylo připočteno 25 % z částky. Tím byla stanovena prodejní cena. Z důvodu neznámosti přesných údajů nebyly do výpočtů započítány náklady spojené s plánovanou údržbou nástroje i stroje. Po vypočítání bodu zvratu byla zjištěna ziskovost od 34 850 vyrobeného kusu.

5 ZÁVĚRY

Byla řešena výroba součásti tělesa zástrčky. Tento díl je jedním ze tří sestavy zástrčky, která slouží k zajištění okenic, dveří, branek.

Jako vhodný a cenově dostupný materiál pro výrobní sérii 50 000ks byla zvolena ocel jakosti 11 320 o tloušťce tloušťky 2 mm, s následným zinkováním pro zvýšení odolnosti proti vlivům venkovního prostředí.

Při návrhu byla zohledněna technologičnost jednotlivých kroků. Součást tyto podmínky splňuje s výjimkou umístění otvoru v ose ohybu a uzavřenému ohybu komplikujícímu snadné vyjmutí. Tyto nesplněné body bylo nutno respektovat a minimalizovat jejich dopad.

Výpočtem byla stanovena délka rozvinutého tvaru, která byla ověřena v programu SolidWorks. Na základě těchto hodnot byla určena délka přístřihu na 110,3 mm. Proběhlo porovnání vhodnosti vstupních polotovarů podle dvou variant umístění výstřižku na pás plechu. Jako možnost polotovaru byla zvážena tabule malého formátu 1000 x 2000 mm, středního formátu 1250 x 2500 mm a velkého formátu 1500 x 3000 mm. Další uvažovanou variantou byl svitek plechu o šířce dle nástřihového plánu, tedy 78 mm nebo 120,3 mm. Po vypočtení ekonomického využití jednotlivých polotovarů a zhodnocení proveditelnosti výroby dle umístění bylo vybráno svitku o šíři 78 mm s využitím materiálu 86,22 %.

Celková síla pro zhotovení součásti byla určena na 827 kN. Podle této síly byl vybrán stroj. mechanický výstředníkový lis S160 od firmy Šmeral Brno a.s. disponuje jmenovitou tvářecí silou 1600 kN, která zajistí výrobu s dostatečnou rezervou.

Na základě studie dané problematiky byla zvolena výroba sdruženým nástrojem kombinujícím stříh a ohyb a byl navrhnut sdružený postupový nástroj zhotovující součást ve třech krocích. První operace provede vystřížení otvorů pro uchycení tělesa k podložce a otvory, které budou sloužit k zajištění jezdce v poloze otevřeno/zavřeno. Ve druhé operaci bude vystřihnutím obdélníkového otvoru spojeny zajišťovací díry a tím vytvořen prostor pro posuv jezdce. Třetí operace provádí ohyb. Kvůli uzavřenému tvaru je použito otočných čelistí, které při zdvihu ohybníku uzavírají profil ohybu. Při posunu zpět do horní úvrati se sami rozevírají a tím uvolní díl, který je. Odtud je bokem sundán obsluhou.

Technicko – ekonomickým zhodnocením byly určeny náklady na materiál, povrchovou úpravu, cenu nástroje a mzdu pracovníka. Tím byla určena cena součásti s 25% marží pro zisk na 12,61 Kč. Vypočítáním bodu zvratu byla zjištěna ziskovost od výroby 34 850 ks.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [8]

1. *Aldebaran bulletin* [online]. Praha, 2004, 2(20) [cit. 2016-11-01]. ISSN 1214-1674.
2. Akademie tváření: Ohýbání. *MM Průmyslové spektrum*. Praha, 2010, (7), 52-54. ISSN 1212-2572.
3. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce při ohýbání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha, 2012 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-pri-ohybani.html>
4. BAREŠ, Karel a kol. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971.
5. BLAŠČÍK, František. *Konstruktia tvárniaceho náradia. Náradie pre plošné tvárnenie*. Košice: VST, 1968, 190 s.
6. BRAŠKO, Zdenko. *Výroba telesa zástrčky*. Brno, 2016. 43 s., 8 výkresov, 7 příloh, CD. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojíního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedúci bakalárskej práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
7. *Bystronic Czech Republic s.r.o* [online]. Brno: Bystronic [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://www.bystronic.cz/>
8. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2012 [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
9. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střižné vřtle*. Praha: ÚNM, 1977.
10. DD11 / 1.0332 Non-alloy quality steel - equivalent, chemical composition, properties. BRESLAVSKY, Dmitry. *European Steel and Alloy Grades / Numbers - free steel alloy database for search* [online]. Kharkov [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=218
11. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-802-1434-257.
12. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Ladislav ŽÁK. *Technologie tváření: návody do cvičení*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2881-3.
13. *EICHLER COMPANY a.s.* [online]. Žďár nad Sázavou, 2016 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <https://www.eichlercompany.cz/>
14. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
15. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Nástrojové oceli* (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.

16. HELLWIG, Waldemar. *Spanlose Fertigung: Stanzen*. 5., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Vieweg, 1994. Fachbuch der Technik (Vieweg). ISBN 35-284-4042-2.
17. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 3rd ed. New York, NY: Cambridge University Press, 2007. ISBN 05-218-8121-8.
18. Katedra tváření kovů a plastů - Skripta. *Katedra strojírenské technologie, FS, TU v Liberci* [online]. Liberec [cit. 2016-11-03]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
19. *Konstrukční kancelář Václav Šourek* [online]. Rožmitál pod Tremšínem [cit. 2016-11-01]. Dostupné z: <http://strojni-konstrukce.cz/>
20. *Kotevní a upevňovací systémy Praha* [online]. Praha: Made in sro, 2012 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.madeinsro.cz/>
21. KOTOUČ, Jiří. *Tvářecí nástroje*. Praha: ČVUT, 1993, 349 s. : obr., tabulky, grafy, schémata ; 21 cm. ISBN 8001010031.
22. KUDLÁČEK, Jan. Alkalické černění oceli. *MM Průmyslové spektrum*. MM publishing, 2008, (5), 66. ISSN 1212-2572.
23. LEINVEBER, Jan, Pavel VÁVRA a Jaroslav ŘASA. *Strojnické tabulky*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-718-3123-9.
24. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13-B3-IV- 41/22674.
25. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9.
26. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení: tvářecí nástroje* [online]. Brno: Vysoké učení technické, 2002 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/vyrobní_stroje_a_zarizení__novotny.pdf
27. *Pavel Břichnáč: Plazmové technologie* [online]. [cit. 2016-11-01]. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_20_plt.php
28. Plazmové řezání, řezání plazmou, plazmové zdroje, plasma. *Svářecí technika Schinkmann.cz* [online]. Kosmonosy [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: <http://www.schinkmann.cz/plazma>
29. POKORNÝ, Přemysl. *Výrobní stroje II: mechanické lisy*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1998.
30. Quia - Chapter 20 Metal Forming Part 2. *Quia - Quia Web* [online]. San Mateo: Quia [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: <https://www.quia.com/jg/1961560list.html>
31. Sample Designs | Velocity Design Service. *Velocity Design Service* [online]. Sonksen, 2012 [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: <http://velocitydesignservice.com/samples/>

32. Seriál na téma lasery - Laserové řezání (laser cutting). *LAO - lasery a optika* [online]. Praha, 2011 [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery-laserove-rezani-129>
33. Strihanie, úprava a predaj plechových zvitkov - ŠK-Pexim s.r.o. *ŠK-Pexim s.r.o.* [online]. Košice: ŠK-Pexim [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.sk-pexim.sk/plechove-zvitky.php>
34. TATÍČEK, František a Tomáš PILVOUSEK. Akademie tváření: Stříhání. *MM Průmyslové spektrum*. Praha, 2010, **14**(6), 72. ISSN 1212-2572.
35. *TRUMPF GmbH & Co. KG / TRUMPF* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.trumpf.com>
36. VESELÝ, Milan. *Atlas informací pro uživatele tenkých plechů*. 1970.
37. Výstředníkové lisy - Šmeral Brno a.s. *Šmeral Brno a.s.* [online]. Brno: Šmeral Brno, 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: http://www.smeral.cz/vystrednikove_lisy.html

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Délka výstřižku	[mm]
A _s	Střížná práce	[J]
A _O	Ohybová práce	[J]
B	Šířka ohýbaného polotovaru	[mm]
c	Součinitel závislý na materiálu	[-]
c ₁	Součinitel stírání	[-]
c ₂	Součinitel protlačování	[-]
c _{kg}	Cena za kilogram materiálu	[Kč]
c _{ks}	Cena za kus	[Kč]
c _o	Cena za kilogram odpadu	[Kč]
c _{pu}	Cena za kilogram pokovení	[Kč]
c _{sv}	Cena svitku	[Kč]
c _z	Cena za kus se ziskem	[Kč]
DÚ	Dolní úvrat'	[mm]
D _{sv}	Vnější průměr svitku	[mm]
d _{sv}	Vnitřní průměr svitku	[mm]
E	Šířka přepážky	[mm]
E _{sv}	Využití svitku	[%]
E _T	Využití tabule	[%]
F	Okraj pásu plechu	[mm]
F _c	Celková síla ke zhotovení součásti	[N]
F _{OU}	Síla pro U – ohyb	[N]
F _{pr}	Protlačovací síla	[N]
F _s	Střížná síla	[N]
F _{st}	Stírací síla	[N]
h	Zdvih beranu	[mm]
h _n	Hodinová norma teoretická	[ks]
h _p	Výška plechu	[mm]
HÚ	Horní úvrat'	[mm]
J	Kvadratický moment	[mm ⁴]
JR	Jmenovitá rozměr	[mm]
k	Součinitel otupení bříty	[-]
K	Krok pásu	[mm]
l	Délka střížné křivky	[mm]
l _p	Vzdálenost podpěr	[mm]
L	Šířka výstřižku	[mm]
l ₀ , l ₁ , l ₂ ...	Délka ohnutého úseku	[mm]
l _c	Délka rozvinutého tvaru	[mm]
L _{sv}	Délka svitku	[mm]
m _l	Opravný koeficient zohledňující průběh síly	[-]
m _o	Hmotnost odpadu	[kg]
m _s	Hmotnost součásti	[kg]
m _{sv}	Hmotnost svitku	[kg]
m _{vs}	Hmotnost všech součástí	[kg]
m _{vsv}	Hmotnost všech svitků	[kg]
n _{cm}	Celkové materiálové náklady	[Kč]
N _f	Náklady fixní	[Kč]
N _{ks}	Náklady na jeden kus	[Kč]
N _{mz}	Náklady na mzdu	[Kč]
N _{pu}	Náklady na povrchovou úpravu	[Kč]
N _v	Výrobní náklady	[Kč]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
P	Přípustná mez opotřebení	[mm]
P _D	Počet dílů na pás	[ks]
P _{Dsv}	Počet dílů ze svitku	[ks]
P _{dt}	Počet dílů z tabule	[ks]
P _P	Počet pásů plech	[ks]
P _T	Potřebný počet tabulí na sérii	[ks]
P _{sv}	Potřebný počet svitků	[ks]
R _e	Mez kluzu	[MPa]
R _m	Mez pevnosti v tahu	[mm]
R _o	Poloměr ohybu	[mm]
RAD	Rozměr střížnice při děrování	[mm]
RED	Rozměr střížníku při děrování	[mm]
s	Tloušťka stříhaného materiálu	[mm]
S	Plocha plného dílu	[mm ²]
S _s	Skutečná plocha dílu	[mm ²]
š	Šířka pásu	[mm]
š _p	Šířka plechu	[mm]
T	Čas na výrobu všech součástí	[hod]
TA	Tolerance střížníku	[mm]
TE	Tolerance střížnice	[mm]
TS	Tolerance jmenovitého rozměru	[mm]
v	Střížná vůle	[mm]
x	Součinitel posunutí neutrální vrstvy	[-]
X _T	Poloha těžiště	[mm]
γ	Úhel odpružení	[°]
λ	Součinitel plnosti	[-]
ρ	Hustota	[kg·m ⁻³]
ρ ₁	Poloměr neutrální vrstvy	[mm]
τ _{ps}	Pevnost ve stříhu	[MPa]
φ	Úhel ohnutého úseku	[°]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady tvářených součástek [3],[20],[35]	9
Obr. 2 Těleso zástrčky	10
Obr. 3 Mechanismus zástrčky.....	10
Obr. 4 Princip laserového řezání [32]	11
Obr. 5 Řezání plazmovou tryskou [1].....	11
Obr. 6 Stříhání [14]	11
Obr. 7 Guerin [30]	12
Obr. 8 Ohraňování [7].....	12
Obr. 9 Ohýbadlo pro V-ohyb [18]	12
Obr. 10 Průběh stříhání [14]	13
Obr. 11 Schéma stříhání při malé a velké střížné vůli [14]	14
Obr. 12 Vzhled střížné plochy při malé a velké vůli [14].....	14
Obr. 13 Schéma ohýbání [12]	15
Obr. 14 Odpružení [2].....	15
Obr. 15 Průběh síly [18]	15
Obr. 16 Střížná práce [34]	16
Obr. 17 Součinitele plnosti[8].....	16
Obr. 18 Sdružený postupový nástroj [19]	17
Obr. 19 Stopka [9]	17
Obr. 20 Střížníky [13]	18
Obr. 21 Upevnění střížníku [21]	18
Obr. 22 Vložková střížnice [21].....	18
Obr. 23 Ohybník [18].....	19
Obr. 24 Dorazy [21].....	19
Obr. 25 Provedení hledáček [21]	19
Obr. 26 Schéma hydraulického lisu a průběh síly [29].....	20
Obr. 27 Schéma mechanického lisu a průběh síly [29]	21
Obr. 28 Vzdálenost otvoru od ohybu [4]	22
Obr. 29 Směr válcování [3].....	22
Obr. 30 Vzdálenost od kraje[4].....	23
Obr. 31 Těleso zástrčky	23
Obr. 32 Uzavřený tvar	23
Obr. 33 Rozdělení na úseky	23
Obr. 34 Úseky	24
Obr. 35 Příčné umístění	24
Obr. 36 Podélné umístění	25
Obr. 37 Varianty dělení	25
Obr. 38 Plný díl.....	25
Obr. 39 Svitek [33]	26
Obr. 40 Varianta 1	28
Obr. 41 Varianta 2	28
Obr. 42 Střížné operace	29
Obr. 43 Rozměr B	30
Obr. 44 Výpočet těžiště	31
Obr. 45 Sestava nástroje	32
Obr. 46 Detail ohybnice.....	32
Obr. 47 Spodní část nástroje	32
Obr. 48 Horní část nástroje	33

Obr. 49 Pohled na kotevní desku	33
Obr. 50 Smontování nástroje	33
Obr. 51 Otvory v součásti [9]	34
Obr. 52 Lis S160 [37]	37

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Přehled mechanických vlastností zvolené oceli [10].....	10
Tab. 2 Přehled chemického složení zvolené oceli [10]	10
Tab. 3 Určení posunutí neutrální osy x [12]	14
Tab. 4 Hodnoty součinitelů c_1 a c_2 [11].....	16
Tab. 5 Závislost přesnosti vystřihovaného výrobku na přesnosti nástroje [4].....	22
Tab.6 Využití polotovaru	27
Tab.7 Velikosti sil.....	30
Tab.8 Změna rozměru vlivem opotřebení pracovních částí nástrojů [9].....	34
Tab.9 Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při děrování [9]	35
Tab.10 Rozměry funkčních částí	34
Tab.11 Parametry lisu S160 [37]	35

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Určení přepážek a okrajů [8]

Příloha 2 Ceny povrchových úprav

Příloha 3 Ceny kovového odpadu

SEZNAM VÝKRESŮ

Sestava nástroje BP-171096-00

Střížník 55,09x27,51 BP-171096-02

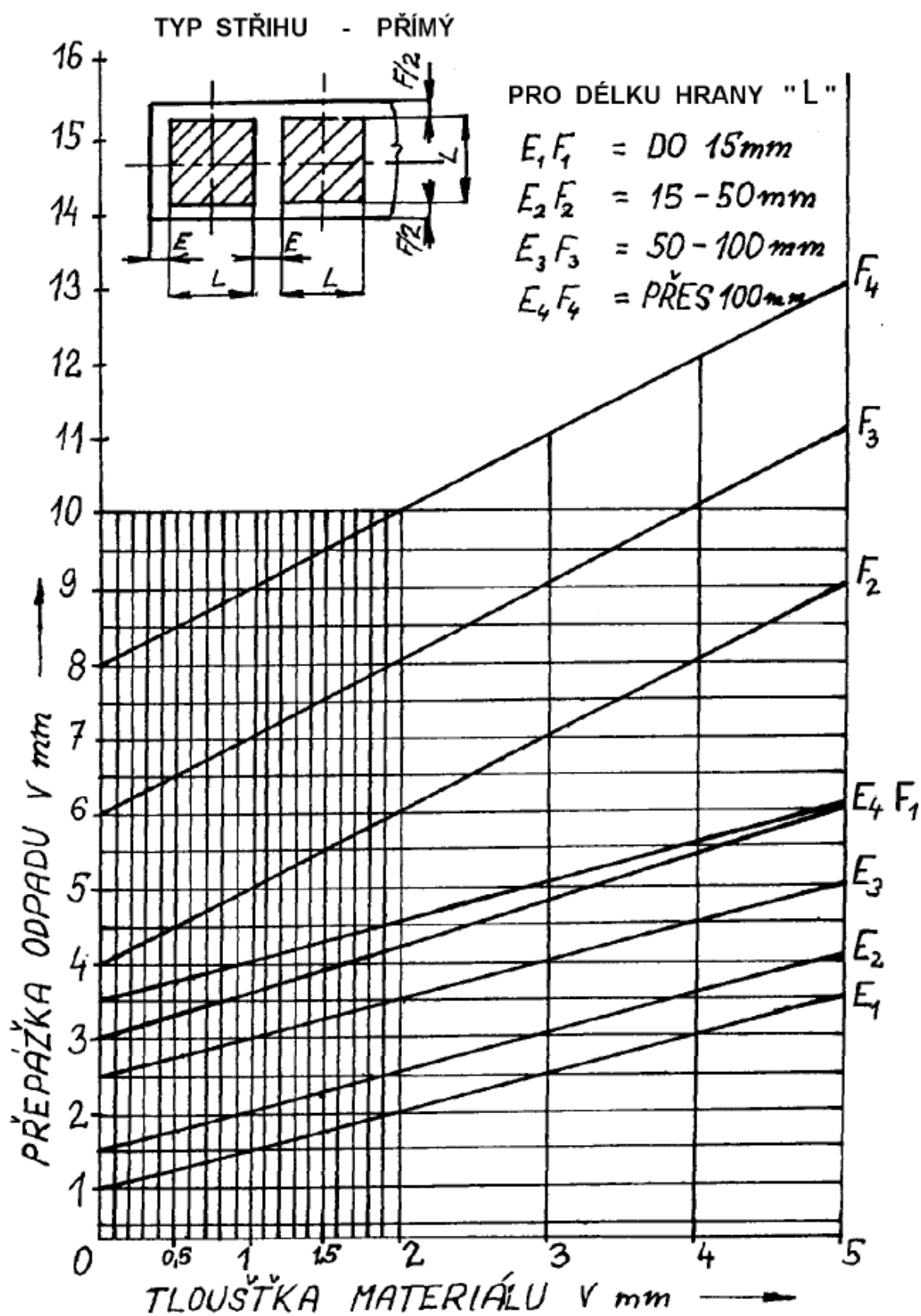
Střížník ø4,27 BP-171096-03

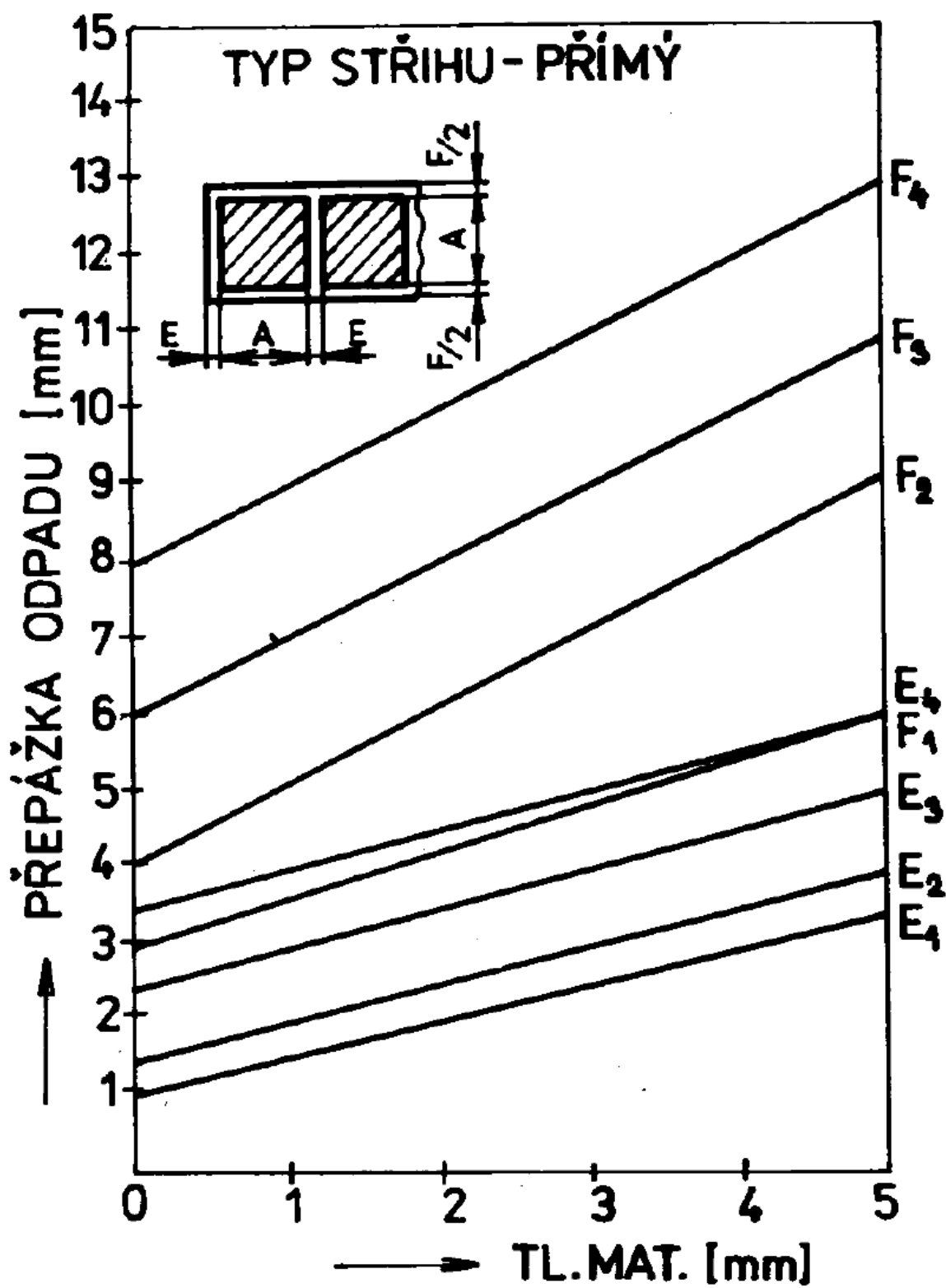
Střížník ø10,1 BP-171096-07

Střížnice 10 BP-171096-10

Těleso zástrčky BP-171096-0S

Rozvin tvaru zástrčky BP-171096-1S





MINIGAL s.r.o.

Nádražní 572
Ždírec nad Doubravou
582 63
IČO: 25299671
DIČ: CZ25299671

ceny povrchových úprav

Zinkování – chromát modrý - 4,- Kč/dm² 15,- Kč/kg
 žlutý - 4,- Kč/dm² 15,- Kč/kg
 černý - 8,- Kč/dm² 37,- Kč/kg

Niklování - galvanické lesklé - 15,- Kč/dm² 37,- Kč/kg
 „-“ saténové - 25,- Kč/dm²
 chemické - 22,- Kč/dm²

Eloxování - bezbarvé - 4,- Kč/dm²
 modré - 8,- Kč/dm² max rozměr 600x600
 černé - 8,- Kč/dm²
 červené - 8,- Kč/dm²
 žluté - 8,- Kč/dm²

Stříbření - 65,- Kč/dm²

Zlacení - 600,- Kč/dm²

Chromování - 22,- Kč/dm²

Ve Ždírci n.D. dne 4.1.2017


MINIGAL s.r.o.
Nádražní 572
582 63 Ždírec nad Doubravou



FERRUM s.r.o.
Chelčického 260
676 02 Moravské Budějovice 2
ČESKÁ REPUBLIKA



p. Vybíral

Váš dopis značky / ze dne

Naše značka

Vyřizuje / linka
Švarcová H. 568404070

Moravské Budějovice

Věc

Nabídka

Zasíláme Vám výkupní ceny kovového odpadu platné **od 12.4.2017**

druh odpadu

71 kupol	4,70 Kč / kg
21 nový plech / plech z pálení / <i>zluhované</i>	4,20 Kč / kg
12 starý těžký odpad upravený	4,30 Kč / kg
06 litina	4,20 Kč / kg
16 starý těžký odpad neupravený	4,20 Kč / kg
27 starý lehký odpad /plech/	3,70 Kč / kg
51/52 špony	3,20 Kč / kg
okuje	1,00 Kč / kg
hliníkové špony	15,00 Kč / kg

Platební podmínky: platba dle dohody.

Organizace výkupu: odvoz bude uskutečněn po předchozím nahlášení prodávajícího našimi auty na náklady kupujícího, možnost přistavení kontejneru.

Tel.: 568 422 712, 602 723 721

František Doležal
provoz Kovošrot
Ferrum s.r.o.
Mor. Budějovice